UBAK

15TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

SCIENCE AND ENGINEERING

17 - 18 DECEMBER

2022

Full Text Book

Tam Metin Kitabı

ANKARA BİLİM ÜNİVERSİTESİ

www.ubaksymposium.org

The 15th International Scientific Research Congress

- Science and Engineering –

15. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi

Fen ve Mühendislik Bilimleri

UBAK

17 - 18 December 2022

Ankara

Proceeding Book

Bildiri Tam Metin Kitabı

Editor

Prof. Dr. Bahri Bayram

Ankara 2022

Publishing Director / Yayın Yönetmeni

Muhammet ÖZCAN

Editor/ Editör

Bahri Bayram

Bu kitapta yayınlanan Bildiri Tam metinleri "Bookcites Kitap Atıf Dizini" tarafından taranmaktadır

Cover Design / Kapak Tasarımı

Bülent POLAT

Interior / İç Tasarım

Mahmut Sami TEMİZ

First Edition / BirinciBasım / ©

December 2022 - Ankara

ISBN

978-625-8190-43-4

Asos Yayınevi

1st Edition 30 December 2022

Address / Adres: Çaydaçıra Mah. Hacı Ömer Bilginoğlu Cad. No:67/2-4/Merkez/Elazığ

E-Mail: asos@asosyayinlari. com

Web: www. asosyayinlari. com

İnstagram: https://www. instagram. com/asosyayinevi/

Facebook: https://www. facebook. com/asosyayinevi/

Twitter: https://twitter. com/Asosyayinevi

Ankara 2022

BORADS / KURULLAR

Supporting Institutions / Destekleyen Kurumlar
Ankara Bilim Üniversitesi

Honor Board / Onur Kurulu
Prof. Dr. Yavuz DEMİR, Ankara Bilim Üniversitesi Rektörü

Chairman of the Organizing Committee / Düzenleme Kurulu Başkanı
Prof. Dr. Bahri BAYRAM, Atatürk Üniversitesi

Congress Organizing Committee / Düzenleme Kurulu
Prof. Dr. Taşkın POLAT, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK, Gaziantep Üniverstesi
Prof. Dr. Erdoğan ÖZTÜRK, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. M. Kerim GÜLLAP, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Adem KAYA, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Sinan KOPUZLU, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Bekir GÜRBULAK, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Abdülkerim Diler, Atatürk Üniversites
Doç. Dr. Murat CENGİZ, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Aycan Mutlu AYANOĞLU, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Abdulvahit DOĞAR, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Handan AKKAŞ, Ankara Bilim Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Aziz BALCI, Ankara Bilim Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Hilal Ürüşan ALTUN, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Bilgehan POLATOĞLU, Atatürk Üniversitesi

Congress Scientific Committee / Bilim Kurulu
Prof. Dr. Sebahat AÇIKSÖZ, Bartın Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Bülent AKAR, Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Burak ALAYLAR, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi
Prof. Dr. Necmi ALTIN, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Esra ALTINTIĞ, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Alper AKAR, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Eşe AKPINAR, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. Canan B. AKTAŞ, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Ali Akın AKYOL, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi,
Prof. Dr. Yerlan ANDEASBAYEV, Zhetysu State University, Kazakhstan
Doç. Dr. Muzaffer Ateş, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Sevinç AYDIN, Munzur Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Nesli AYDIN, Karabük Üniversitesi
Doç. Dr. Cemalettin BALTACI, Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Serhat BAŞDOĞAN, Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Bahri BAYRAM, Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Zübeyde BAYSAL, Dicle Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Nurcan BERBER, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Doç. Dr. Ayhan BİNGOLBALİ, Yıldız Technik Üniversitesi
Doç. Dr. Cihan BOYRAZ, Marmara Üniversitesi
Doç. Dr. M. Murat CENGİZ, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Doç. Dr. Huseyin COLAK, Northeastern Illinois University
Prof. Dr. Bülent ÇAĞLAR, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Prof. Dr. Bülent ÇELİK, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Saliha ÇETİNYOKUŞ, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK, Gaziantep Üniversitesi
Doç. Dr. Nuray DEMİR, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Okan DEMİR, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Selin Kınalı DEMİRCİ, Amasya Üniversitesı
Doç. Dr. Aslıhan DEMİRDÖVEN, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Doç. Dr. Abdülkerim DİLER, Atatürk üniversitesi
Prof. Dr. Marziyeh EBRAHİMİ, University of Tabriz
Dr. Öğretim Üyesi Ayşe DEMİRHAN, Gazi Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Sevgi Güneş DURAK, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Prof. Dr. Bülent EKER, Namık Kemal Üniversitesi
Prof. Dr. Selma ERAT, Mersin Üniversitesi
Prof. Dr. Nurinisa ESENBUĞA, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Atıf EVREN, Yıldız Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Gülbin FİRİDİN, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Nimet Sema GENÇER, Bursa Uludağ Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Derviş GÖK, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Doç. Dr. M. Kerim GÜLLAP, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Irshad HUSSAİN, The Islamia University of Bahawalpur
Doç. Dr. Rita ISMAİLOVA, Kyrgyz-Turkish Manas University
Prof. Dr. Jose Miguel Molina JORDA, Universidad de Alicante
Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU, Ankara Üniversitesi,
Doç. Dr. Hüseyin KARACA, Sakarya Üniversitesi
Doç. Dr. Musa KAVAS, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Prof. Dr. Hatice KAYA, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Selim KAYA, Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Ersin KAYAHAN, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr Daniela KERTİKOVA, Institute of Forage Crops, Pleven
Dr. Naseem Ahmad KHAN, The Islamia University of Bahawalpur
Doç. Dr. Şule KISAKÜREK, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Prof. Dr. Davoud KİANİFARD, University of Tabriz
Prof. Dr. İlkay KOCA, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Doç. Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Sinan KOPUZLU, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr Todor KERTİKOV, Institute of Forage Crops, Pleven
Prof. Dr. Vahit KONAR, Amasya Üniversitesi
Doç. Dr. Matanat MEHRABOVA, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku
Dr. Öğretim Üyesi Mustafa MİZRAK, Şırnak Üniversitesi
Prof. Dr. Efendi NASİBOĞLU, Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Melih ONAY, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Doç. Dr. Ahmet Vefa ORHON, Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Ayşe Yüksel OZAN, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Prof. Dr. Özlem ÖTER, Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Arif ÖZBEK, Çukurova Üniversitesi
Prof. Dr. Memiş ÖZDEMİR, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Kurtuluş ÖZGİŞİ, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Alper POLAT, Munzur Üniversitesi

Prof. Dr. Hüseyin POLAT, Aksaray Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Bilgehan POLATOĞLU, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Berrin TOPUZ, Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan SADIKOĞLU, Yıldız Teknik Üniversitesı
Doç. Dr. Meryem SEFERİNOĞLU, Sinop Üniversitesi
Prof. Dr. Fatih SEYİS, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Prof. Dr. Oleg SYNYUK, Khmelnitsky National University, Ukreine
Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Akbar TAGHİZADEH, University of Tebriz
Prof. Dr. Taha TAŞKIRAN, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Doç. Dr. Ayşe Ebru TAYYAR, Uşak Üniversitesi
Prof. Dr. Erkin TOKPANOV, Zhetysu State University, Kazakhstan
Doç. Dr. Selda Kapan ULUSOY, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Vedide Rezan USLU, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Prof. Dr. İbrahim UZUN, Kırıkkale Üniversitesi
Prof. Dr Viliana VASİLEVA, Institute of Forage Crops, Pleven
Doç. Dr. Pelin Köse YAMAN, Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Övgü Ceyda YELGEL, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Doç. Dr. Ebru YILMAZ, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Prof. Dr. Güngör YILMAZ, Yozgat Bozok Üniversitesi
Doç. Dr. Müge Sarı YİLMAZ, Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Mithat ZEYDAN, İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Sekretary / Sekreterya
Doç. Dr. Adem KAYA
Dr. Esra TÜRE

TAM METİNLER

PROCEEDINGS

İçindekiler

Meme ve Gastrointestinal Kanserler Hastalarında Il-2 Ra (Rs2104286) Fonksiyonel Varyantının Araştırılması 11

Mikrotialı Türk Hastalarda Leptin ve Leptin Reseptör Genlerine Ait Fonksiyonel Varyantlarının Araştırılması 17

Elektrik Dağıtım Şebekelerinde Bakım Faaliyetlerinin Teknik Kalite Parametreleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi 23

Lyapunov Stability and Passivity Analysis of a Certain Fourth-Order Elliptic Filter 29

Ag Tesislerde Supraharmonik Ölçümü: Yedaş Örneği 33

Elektrik Dağıtım Şebekesinde Yaşanan Gerilim Olaylarının Elektrik Ekipmanları Üzerine Teknik ve Ekonomik Etkileri 40

Dağıtım Transformatörlerinde Sezonluk Yük Değişimlerinin ve Bu Yük Değişimlerinin Meydana Getirdiği Zorlukların İncelenmesi 46

Portakal Kabuğundan Elde Edilen Zno-Go Kompozit Süperkapasitör Elektrotlarının Performans ve Yapısal Özelliklerinin Analizi 57

Güneş Enerjisinin Güç Kalitesi Analizi 66

Rüzgar Enerjisinin Güç Kalitesi Analizi 76

Nükleer Atıkların Yeniden Değerlendirilmesi İçin Geliştirilen Yöntemler ve Türkiye İçin Uygun Prosesin Önerilmesi 85

High DRD4 Expression is Related With Worse Survival Rate in Renal Cell Carcinoma 97

Meme Kanserinde TRIM27 Geninin Yüksek Ekspresyonu Metilasyon ile Düzenlenmektedir. 102

Organik Hibrit Schottky Diyotlarının Karakteristik Parametrelerinin İncelenmesi 109

4-Florobenzaldehit Pikoloilhidrazon Bileşiğinin Teorik Çalışmaları 117

Static Analysis of Thin Plates Using Kirchhoff and Reissner-Mindlin Plate Theories 124

Korozyonlu Betonarme Kolonların Deneysel Korozyon Seviyelerinin Teorik Korozyon Seviyeleriyle Karşılaştırılması 132

14 Katlı Betonarme Bir Binanın 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Performansının Değerlendirilmesi 142

Piren Halkası Içeren Yeni Schiff Bazı: Sentez, Karakterizasyon, Renk Özellikleri Ve Bazı Metal Iyonlarına Karşı Kemosensör Özelliklerin Araştırılması 150

Alkali Alüminyum Aşındırma Çözeltilerinde Farklı Kimyasal Katkıların Etkisinin İncelenmesi .. 159

Çerezlik Kabak Bitkisinde Yüzey Altı Damla Sulama Sistemleriyle Farklı Sulama Rejimlerinin Bitki Su Kullanımına, Gelişimine ve Verime Etkisi 168

Damla Sulama ve Yüzey Altı Damla Sulama Sistemleriyle Farklı Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Verimine Etkisi 178

Ortodonti Alanında Kullanılan Tıpkı Elmas Karbon(Dlc) Kaplamaların Korozyon Direnci 189

Farklı Nikel Tuz ve Konsantrsayonlarının Ayçiçeği (Helianthus Annuus cv. cv. Ekllor) Fidelerinin Çimlenme Aşamasındaki Etkileri 196

Otonom Temizlik Aracının Emiş Sisteminin Tasarımı 201

Farklı Monomer Karışım Oranları ve Katkı Malzemesi İle Üretilen Rijit Poliüretan Malzemesinin Akustik, Yanmazlık ve Yüzey Özelliklerinin İncelenmesi 210

Hava Kirliliğinin İklim Değişikliği Üzerine Etkileri: Adana Örneği 216

Yapay Zeka ve Görüntü İşleme Algoritmalarının Hastalık Teşhisindeki Önemi 223

Next: Mobil Kurye Yazılımının Gerçekleştirimi 228

Investigation of Electro-Mechanical Factors Affecting the Vibration Performance of Piezoelectric Fan: A Numerical Analysis Study 235

Parçacık Sürüsü Optimizasyon Algoritmasına Mutasyon Yaklaşımı Ekleyerek Gezgin Satıcı Problemini Çözmek 241

Üniversite Öğrencilerinin Antropometrik Ölçüleri İle Sınıf Mobilyalarının Ergonomik Uyumsuzluğu: Bir Vaka Çalışması 249

Antioxidant and Antimicrobial Properties of Silver Nanoparticles Synthesized From Sebin Walnut Oil 258

Torpido Traversi Ana Taşıyıcı Yapısının Farklı Kesitlerde Modal Analiz Performansının İncelenmesi 270

Düşey Deformasyonların Belirlenmesinde Gnss Gözlemlerinin Çeşitli Yöntem ve Tekniklere Göre Değerlendirilmesi 277

Kapalı Mekânlarda Konum Bulma İçin Akıllı Telefon Verilerinin Kullanılması 283

Green Synthesis of Silver Nanoparticles From Tarragon (Artemisia Dracunculus) Leaves and Their Antioxidant and Antimicrobial Activities 293

Green Synthesis of Silver Nanoparticles From Sebin Walnut Septum Extract and Their Antioxidant and Antibacterial Activities 304

Sebin Cevizi (Juglans Regia) Ağaç Yapraklarından Gümüş Nanopartiküller: Yeşil Sentezi ve Antioksidan, Antibakteriyel ve Fotokatalitik Aktiviteleri 312

Çinko Esaslı Biyoçözünür Alaşımın Epd Kaplanması ve Deformasyon Özelliklerinin İncelenmesi 321

Biyoçözünür Çinko Esaslı Alaşımların Biyoseramik Kaplaması 329

Serbest Biçimli Geri Dönüşümlü Gömme Yöntemini Esas Alan Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi İle Silikon Malzeme Kullanılarak Suni İnsan Doku Prototipinin Üretimi 338

Motosikletli Kuryelerin İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi 346

Köpürtülmüş ve Uyumlaştırılmış PLA/PP ve PLA/PA6 Polimer Karışımlarının Prototip Üretimleri ve Özelliklerindeki Değişimlerin Değerlendirilmesi 354

Makine Öğrenmesi İle Kalp Hastalıklarının Tespiti 367

Uçağın Taksi Hareketinin Eş Zamanlı Simulasyon Yöntemi İle Modellenmesi 373

Farklı Meyve ve Sebze Suları ile Marinasyonun Etin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri 380

Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Hidroponik Yetiştiriciliği 383

Sulu Tarım Alanlarında Bitkisel Üretim Değerinde Meydana Gelen Kayıpların İncelenmesi: Dsi 12. Bölge Örneği 393

Adana ilinin Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli 401

Marulun Bazı Besin Elementleri İçeriğine Oksalik Asit Uygulamalarının Etkisi 407

Orman Vasfındaki Arazilerde Kurulmuş Ceviz Bahçesi Toprakların Organik Madde Miktarlarının Değerlendirilmesi 416

Antibacterial Activity of Citrus Reticulata Blanco Essential Oil and Hydrosol 427

Antibacterial Activity of Essential Oil and Hydrosol of Myrtus Communis L 434

Antibacterial Properties of Eucalyptus Globulus Labill Essential Oil and Hydrosol……440

Türkiye'de Buğday Fiyatlarının Ekonomik Analizi, Pazarlama Marjları ve Arz Duyarlılığı……..448

Çerezlik Kabak Bitkisinde Yüzey Altı Damla Sulama Sistemleriyle Farklı Sulama Rejimlerinin Bitki Su Kullanımına, Gelişimine ve Verime Etkisi…….460

Damla Sulama ve Yüzey Altı Damla Sulama Sistemleriyle Farklı Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Verimine Etkisi……..470

Farklı Doğal Yumuşatıcılar İle Kumaşa Yumuşak Tuşe Kazandırma Etkisinin İncelenmesi……..481

Geleneksel Moonwash Yönetiminin Örme Kumaşlar Üzerindeki Deformasyonunu Azaltmak Amacıyla Alternatif Yöntemlerin Geliştirilmesi……..491

Presentation ID / Sunum No: 118

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-6787-2565

Meme ve Gastrointestinal Kanserler Hastalarında Il-2 Ra (Rs2104286) Fonksiyonel Varyantının Araştırılması

Araştırmacı Fatıma Ceren Tunçel[1], Prof.Dr. Meral Günaldı[2], Araştırmacı Sevde Hasanoğlu Sayın[1], Prof.Dr. Nilgün Işıksaçan[3], Prof.Dr. Sacide Pehlivan[1]

[1]İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi
[2]İstanbul Aydın Ünivseritesi
[3]Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim Araştırma Hastanesi

*Corresponding author: Fatıma Ceren Tunçel

Özet: *Meme kanseri, kadınlarda en sık görülen ve dünya çapında kadınlar arasında kanserle ilişkili ölümlerin önde gelen nedenini temsil eder. Çoğu kanser gibi, meme kanseri de farklı moleküler alt tiplere sahip heterojen bir hastalıktır. Meme kanserlerinin yaklaşık %5-10'u kalıtsal kabul edilir. Gastrointestinal sistem kanserleri (GİS) en sık görülen küresel malignitelerdir. Özofagus kanseri, mide kanseri ve kolorektal kanseri içermekle beraber bunlarla da sınırlı değildir. Sitokinler, biyolojik özellikleri nedeni ile enfeksiyonlarda, hematopoezde ve homeostazda önemli bir rol oynayan biyomoleküllerdir. İnterlökin' ler (IL), sitokinlerin üst ailesine ait olan ve karmaşık immünolojik fonksiyonlar sergileyen salgılayıcı İmmün modülatör proteinlerdir. İnsan interlökin 2 reseptör alfa (IL-2 RA) geni, 10. kromozomunda bulunur. Bu genin proteini aktive edilmiş B ve T hücrelerinin, bazı miyeloid prekürsörlerin, oligodendrositlerin ve timositlerin yüzeyinde bulunan tip 1 transmembran proteinidir. Bu çalışmada, IL-2 RA genine ait rs2104286 fonksiyonel varyantının meme ve GİS kanserlerine yatkınlıkla ilişkili olup olmadığı araştırıldı. Çalışmaya 56 GİS, 37 Meme kanseri ve 100 sağlıklı kontrol birey dahil edildi. IL-2 RA genine ait rs2104286 fonksiyonel varyantı polimeraz zincir reaksiyonu-restriksiyon parça uzunluk polimorfizmi yöntemiyle analiz edildi. Meme ve kontrol grupları karşılaştırıldığında IL-2 RA genine ait rs2104286 fonksiyonel varyantında allel sıklığı açısından anlamlı bir ilişki (p:0.211) saptanmazken; AA genotip sıklığının (AAp:0.022) hasta grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı ve bunun hastalığa yatkınlıkla ilişkili olabileceği, AG genotip sıklığını ise (AAp:0.022) sağlıklı kontrollerde anlamlı derecede arttığı ve bununda hem koruyuculuk hemde heterozigot avantajıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. GİS hasta ve kontrol grupları IL-2 RA (rs2104286) gen varyantı analizinde karşılaştırıldığında; hem genotip (AAp: 0.411 ve AGp: 0.411) hem de allel sıklığı açısından anlamlı bir ilişkinin olmadığı (p:0.677) saptanmıştır. Sonuç olarak, Meme kanserinde IL-2 RA (rs2104286) AA genotipinin yatkınlıkta rolü olabileceği ancak GİS vakalarında anlamlı bir ilişkinin olmadığı hastalarımızda gözlenmiştir. Ancak, daha büyük çalışma grupları ve farklı etnik kökenli hasta gruplarında yapılacak çalışmalar bulgularımızı doğrulamak için gereklidir.*

Anahtar Kelimeler: *Meme, Gis, Il-2 Ra (Rs2104286), Dna, Pcr-Rflp*

Investıgatıon of the Functıonal Varıant of Il-2 Ra (Rs2104286) in Patıents Wıth Breast and Gastroıntestınal Cancers

Abstract*: The breast section collectively represents the most common and leading cause of cancer deaths among women worldwide. Like most cancers, breast cancer is heterogeneously arrayed with different sections subtypes. About 5-10% of breast cancers are considered hereditary. Gastrointestinal system cancers (GIS) are the most common global malignancies. It includes, but is not limited to, esophageal cancer, stomach cancer, and colorectal cancer. Cytokines are biomolecules that play an important role in their protective, hematopoiesis and homeostasis due to their biological properties. Interleukins (ILs) are secretory immunomodulatory proteins that belong to the superfamily of cytokines and exhibit complex immunological functions. The human interleukin 2 receptor alpha (IL-2 RA) gene is located on chromosome 10. The protein of this gene is a type 1 transmembrane protein contained in active B and T formations, some myeloid precursors, oligodendrocytes and thymocytes. In this case, it was investigated that the rs2104286 functional effects of the IL-2 RA gene did not exclude a predisposition to breast*

and GIS cancers. 56 GIS, 37 breast cancer and 100 healthy control cells were included in the study. The rs2104286 functional effect of the IL-2 RA gene was analyzed by polymerase chain action-restriction fragment length polymorphism method. While there was no correlation between allele risk values (p:0.211) in rs2104286 functional predictions of the IL-2 RA gene versus breast and control groups; AA genotype deposits (AAp:0.022) may result in limiting spread as they retain their patient environment and exposure to their cells by exposure, while AG genotype amplifications (AAp:0.022) may result in run results in healthy controls, thereby protecting their rights regarding both protection and heterozygote advantage. GIS patient and control groups opposed the IL-2 RA (rs2104286) gene prediction analysis; It can be assumed that there is no evaluation for both genotype (AAp: 0.411 and AGp: 0.411) and allele risk (p: 0.677).

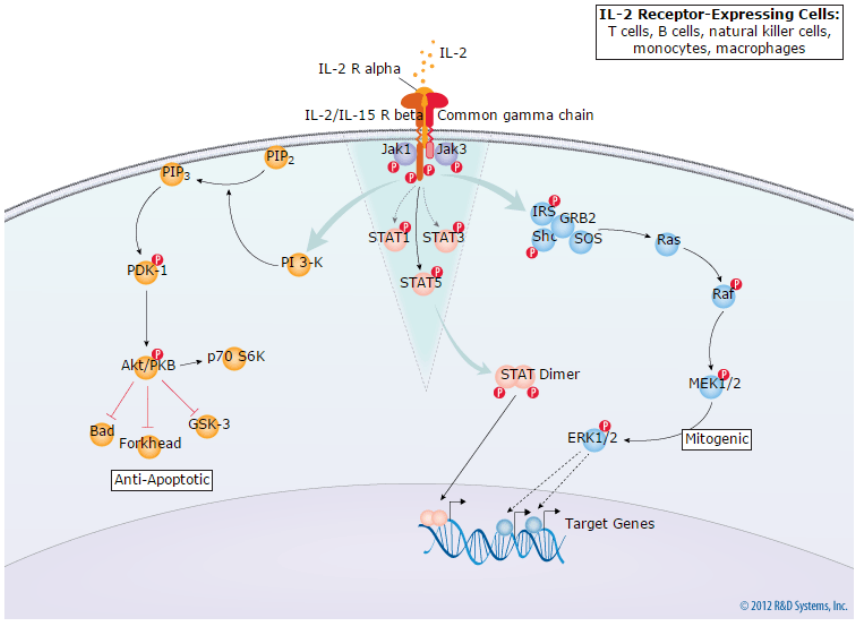
Keywords: *Breast, Gıs, Il-2 Ra (Rs2104286), Dna, Pcr-Rflp.*

GİRİŞ

Meme kanseri, kadınlarda en sık görülen kanserdir ve dünya çapında kadınlar arasında kanserle ilişkili ölümlerin önde gelen nedenini temsil eder. Çoğu kanser gibi, meme kanseri de farklı moleküler alt tiplere sahip heterojen bir hastalıktır (1). Meme kanserlerinin yaklaşık %5-10'u kalıtsal kabul edilir ve bilinen meme kanseri ile ilişkili genlerin %3-4'ün kalıtsal grupta önemli olduğu bildirimiştir. Bu meme kanseri ile ilişkili genlerin yanı sıra, genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS'ler) daha önce meme kanseri riskiyle ilişkili 170' den fazla genetik polimorfizm tanımlamıştır (2). Birkaç genetik mutasyonun meme kanseri riskinin artmasıyla yüksek oranda ilişkili olduğu bildirilmiştir. Yüksek penetrasyon ile karakterize edilen iki ana gen, BRCA1 (17. kromozom üzerinde bulunur) ve BRCA2'dir (13. kromozom üzerinde bulunur). Bunlar birincil olarak artan meme kanseri riski ile bağlantılıdır. Belirtilen genler içindeki mutasyonlar esas olarak otozomal dominant bir şekilde kalıtılır, ancak sporadik mutasyonlar da yaygın olarak rapor edilmiştir (3).

Gastrointestinal sistem (GİS) kanserleri en sık görülen küresel malignitelerdir. Özofagus kanseri, mide kanseri ve kolorektal kanserini içerir, ancak bunlarla sınırlı değildir. Gastrointestinal kanserlerin en yaygını olan CRC (kolorektal kanser), GLOBOCAN (Küresel Kanser Gözlemevi) 2018 tahminlerine göre her iki cinsiyette insidans açısından dördüncü ve mortalite açısından ikinci sırada yer almaktadır (4). Son araştırmalara göre, tüm gastrointestinal sistem kanserlerinin yarısından fazlasına, alkol tüketimi ve tütün içmenin yanı sıra enfeksiyon, diyet ve obezite dahil olmak üzere değiştirilebilir risk faktörleri de neden olmaktadır (5).

Sitokinler, biyolojik özellikleri enfeksiyonlarda, hematopoezde ve homeostazda önemli bir rol oynayan biyomoleküllerdir. İnterlökin' ler (IL), sitokinlerin üst ailesine ait olan ve karmaşık immünolojik fonksiyonlar sergileyen salgılayıcı immünomodülatör proteinlerdir. IL'lerin temel amacı, enflamatuar yanıtta hayati bir rol oynayan hücre migrasyonu, proliferasyonu, olgunlaşması ve adezyonu dahil olmak üzere immün sistemdeki hücreler arası iletişime aracılık etmektir (6). İnterlökin-2 (IL-2) plazma zarında bulunur ve normal dokularda, endotel hücrelerinde ve bağırsak epitelyumunda ifade edilir. Biyokimyasal olarak, IL-2 reseptör kompleksi (IL-2R), farklı ve ilgisiz genler tarafından deşifre edilen üç alt birimi (α, β, y) kapsar (4). IL-2 üretimi ilk olarak meme kanseri için tedavi edilen hastalarda meme kanseri ilerlemesiyle ilişkilendirilmiştir (7). IL-2, IL-2/IL-2R (reseptör) kompleksi ekseni yoluyla bağışıklık yanıtının düzenlenmesinde merkezi bir rol oynayan ve aralarında Janus kinaz/sinyal transdüserleri ve transkripsiyon aktivatörleri (JAK-STAT)'nin de bulunduğu bir dizi hücre içi olayı tetikleyen bir sitokindir (8).



Görsel 1: IL-2 Sinyal Yolakları (9).

IL-2R, yüksek afiniteli IL2 reseptörünü oluşturan a, β ve y olmak üzere üç zincire sahiptir. IL2R alfa (CD25), IL2 sinyal kompleksini aktive etmekten sorumludur ve sinyal iletimini düzenler. IL2-R alfa alt birimi, üç IL-2/IL2-R arabiriminin en büyüğünü oluşturur. α zincirinin β ve γ heterodimer ile birleşmesi, IL-2 için β ve γ zincir reseptöründen çok daha yüksek afiniteye sahip bir reseptör oluşturur. T hücresi reseptörü tarafından antijen tanınması, IL2 geninin promotör bölgesinde yer alan ve transkripsiyonunu aktive etmek için gerekli olan NFAT, AP-1 ve NFκB gibi transkripsiyon faktörlerinin sentezini veya aktivasyonunu indükler. Çalışmalar, promotör bölgesini içeren IL2 geninin −10 kb yukarı akışında ve hatta muhtemelen ötesinde yer alan tek nükleotit polimorfizmlerini (SNP'ler) işaret etmekte olup in vivo IL2 transkripsiyonel özelliklerine katkıda bulunduğu bildirilmiştir. Timosit farklılaşması sırasında IL2R alfanın (CD25) inhibisyonu, TCR öncesi sinyallere yanıttan sonra IL2R alfa promotörü ile ilişkilidir ve daha sonra olgun T hücrelerinin spesifik yanıtı için gereklidir. Raporlar, IL2'yi kodlayan genlerdeki polimorfizmlerin ülseratif kolit, enflamatuar barsak bozukluğu, romatoid artrit ve Behçet hastalığı ile ilişkili olduğunu, oysa IL2 reseptörü olan IL2R alfa varyantlarının tip I diyabet ve multipl skleroz ile ilişkili olduğunu göstermiştir (10).

İnterlökin 2 (IL2) reseptörü alfa (IL2RA) ve beta (IL2RB) zincirleri, ortak gama zinciri (IL2RG) ile birlikte yüksek afiniteli IL2 reseptörünü oluşturur. Homodimerik alfa zincirleri (IL2RA) düşük afiniteli reseptörle sonuçlanırken, homodimerik beta (IL2RB) zincirleri orta afiniteli bir reseptör üretir. Normalde bir bütünleyici zar proteini olan çözünür IL2RA izole edilmiş ve hücre dışı proteolizden kaynaklandığı belirlenmiştir. Alternatif olarak eklenmiş IL2RA mRNA'ları izole edilmiştir, ancak her birinin önemi şu anda bilinmemektedir. Bu gendeki mutasyonlar, interlökin 2 reseptör alfa eksikliği ile ilişkilidir. Yeni şiddetli akut solunum sendromu koronavirüs 2'nin (SARS-CoV-2) neden olduğu ciddi Coronavirüs Hastalığı 2019 (COVID-19) hastalarının plazmalarında önemli ölçüde yüksek IL2R seviyeleri vardır. Benzer şekilde, farklı karsinom tiplerine sahip hastalarda serum IL-2R düzeylerinin yüksek olduğu bulunmuştur. Belirli IL2RA ve IL2RB gen polimorfizmleri, akciğer kanseri riski ile ilişkilendirilmiştir (11).

İnsan IL-2 geni, 4q26 kromozomunda bulunur. IL-2 geninde iki tek nükleotid polimorfizmi (SNP) tanımlanmıştır. Bunlardan biri promotör bölgesinde (- 330 T/G, rs2069762), diğeri ise birinci eksondaki başlatma kodonundan (+ 114 T/G, rs2069763) 114. pozisyonda bulunur. Bu SNP'ler, mesane kanseri, nazofaringeal karsinom, mide kanseri, hepatoselüler karsinom, bazal hücreli karsinom ve meme kanseri gibi kanserlere karşı artan duyarlılıkla ilişkilendirilmiştir (12). Yapılan başka çalışmalarda IL-2 genindeki iki SNP (rs2069762 ve rs2069763) ile Non-Hodgkin Lenfoma (NHL) riski arasındaki ilişki araştırılmıştır. IL-2 (rs2069762) polimorfizminin varyant genotiplerinin, kontrollere kıyasla NHL

hastaları arasında önemli ölçüde daha sık olduğunu bulunmuştur. Varyant aleli (G), NHL gelişme riskinin artması ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (12).

İnterlökin 2 reseptör alfa (IL2RA) genindeki tek nükleotid polimorfizmlerinin (SNP'ler), rs11594656, rs2104286, rs3118470, rs41295061 ve rs706778 dahil olmak üzere tip Tip 1 diyabet ile ilişkili olduğu öne sürülmüştür (13). IL-2 RA geni rs2104286 varyantında A-G nükleotit değişimi gene intronik özellik katar ve çeşitli hastalıklarla ilişkilendirilir (14).

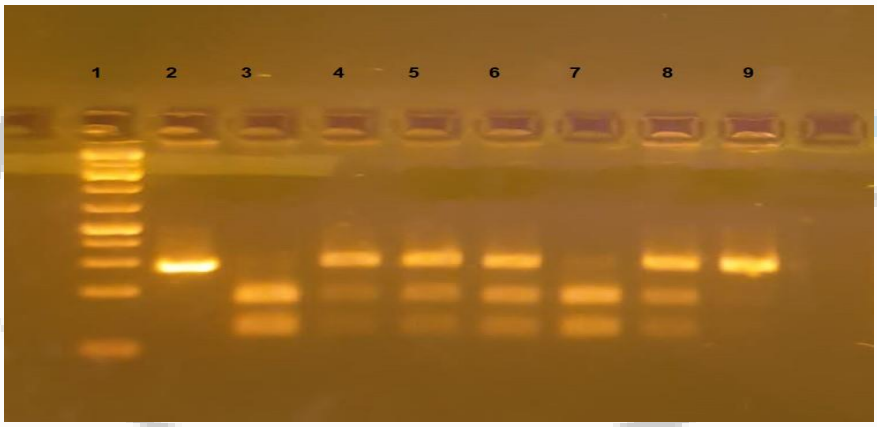
Bu çalışmada, IL-2 RA genine ait rs2104286 fonksiyonel varyantının meme ve GİS kanserlerine yatkınlıkla ilişkili olup olmadığı araştırıldı.

MATERYAL ve METOD

Çalışmaya, 37 meme kanseri olgusu ve 56 gastrointestinal (37 kolorektal, 19 mide) kanseri olgusu ve 100 sağlıklı kontrol dahil edildi. EDTA'lı tüplere alınan kanlardan önce lökosit izolasyonu, elde edilen lökositlerden de genomik DNA izole edildi.

IL-2 RA (rs2104286) polimorfizminin genotiplendirmesi Polimeraz zincir reaksiyonu-restriksiyon parça uzunluk polimorfizmi (PCR-RFLP) yöntemi ile gerçekleştirildi. IL-2 RA (rs2104286) için primer dizileri ise; Forward: 5-GCA GGT GTC AAC GCA AAA AC-3, Reverse: 5-TCC CTG GAA TGT CAC TGA TG -3 şeklindeydi. Örneklerin kesimi için ise NdeI kesim enzimi kullanıldı (Resim.1)(13).

Elde edilen sonuçlar ki-kare testi ile analiz edildi.



Resim.1 IL-2 RA (rs2104286) PCR ve Kesim ürünleri

(1: Belirteç, 2: PCR ürünü (288bp) 3,7: GG, 4,5,6,8,: AG, 9: AA)

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Meme kanseri ve kontrol grupları verileri karşılaştırıldığında IL-2 RA genine ait rs2104286 fonksiyonel varyantında allel sıklığı açısından anlamlı bir ilişki (p:0.211) saptanmazken; AA genotip sıklığının (AAp:0.022) hasta grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı ve bunun hastalığa yatkınlıkla ilişkili olabileceği, AG genotip sıklığını ise (AAp:0.022) sağlıklı kontrollerde anlamlı derecede arttığı ve bununda hem koruyuculuk hemde heterozigot avantajıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Çizelge.1).

Çizelge 1: Meme kanserli hastalar ve sağlıklı kontroller arasında IL-2 RA gen varyantının allel ve genotip sıklıklarının karşılaştırılması

Genotip	MEME n: 37 (%)	Kontrol n: 100 (%)	P
AA	11 (% 29,7)	13 (% 13)	**0.022**
AG	26 (% 70,3)	87 (% 87)	**0.022**
GG	0 (% 0)	0 (% 0)	1
Allel			
A	37 (% 58,7)	100 (% 53,5)	0.211
G	26 (% 41,3)	87 (% 46,5)	

GİS hasta ve kontrol grupları IL-2 RA (rs2104286) gen varyantı analiz sonuçları karşılaştırıldığında; hem genotip (AA_p: 0.411 ve AG_p: 0.411) hem de allel sıklığı açısından anlamlı bir ilişkinin olmadığı (p:0.677) saptanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2: GİS kanserli hastalar ve sağlıklı kontroller arasında IL-2 RA gen varyantının allel ve genotip sıklıklarının karşılaştırılması.

Genotip	GIS n: 56 (%)	Kontrol n: 100 (%)	P
AA	10 (% 17,9)	13 (% 13)	0.411
AG	46 (% 82,1)	87 (% 87)	0.411
GG	0 (% 0)	0 (% 0)	1
Allel			
A	56 (% 54,9)	100 (% 53,5)	0.677
G	46 (% 45,1)	87 (% 46,5)	

Sitokinler, biyolojik özellikleri enfeksiyonlarda, hematopoezde ve homeostazda önemli bir rol oynayan biyomoleküllerdir. İnterlökin' ler (IL), sitokinlerin üst ailesine ait olan ve sitokinler olarak karmaşık immünolojik fonksiyonlar sergileyen salgılayıcı immünomodülatör proteinlerdir. IL-2 üretimi ilk olarak meme kanseri için tedavi edilen hastalarda meme kanseri ilerlemesiyle ilişkilendirilmiştir.

Xiao-Bo ve ark. IL-2 genindeki polimorfizmin artan meme kanseri oranlarıyla bağlantılı olduğunu ve hastalığın prognozu için bir belirteç olarak kullanılabileceğini bildirirken, Muraro ve ark. lokal olarak ilerlemiş meme kanserinde insan epidermal büyüme faktörü reseptörü 2'ye (HER-2) sahip - aşırı eksprese eden ve negatif - hastaları inceledi ve IL-2'nin, HER-2 hastalarında kanserin başlamasını ve gelişimini etkileyebileceğini bildirdi çünkü bunların önemli ölçüde daha düşük miktarda IL-2 taşıdığı kanıtladı (13).

Japonya'da yapılan bir çalışma, sIL-2RA düzeylerinin metastaz oluşumu ile iyi bir korelasyon gösterdiğini gözlemlemiştir. Otuz yedi preoperatif meme kanseri hastası, sIL-2RA seviyelerini lenf düğümü metastazı, uzak metastaz, östrojen ve progesteron reseptörü ekspresyonu, tümör boyutu, histopatolojik tip ve evre gruplaması dahil olmak üzere çeşitli faktörlerle ilişkilendirmek için araştırıldı. ELISA ile ölçülen sIL-2RA seviyeleri, evre III ve IV meme kanseri olan hastaların normal kontrollere göre anlamlı derecede daha yüksek sIL-2RA seviyelerine sahip olduğunu belirlemiştir. Ayrıca, evre III ve IV hastalardaki sIL-2RA seviyeleri, evre I ve II meme kanseri olanlardan daha yüksekti (14).

Literatürde GİS kanserli hastalarda IL-2 geniyle ilgili yapılan çalışma bulunmamaktadır. Başka önemli sitokin olan IL-7'nin çalışıldığı GİS kanserli hastalarda ise IL-7 proteininin özofagus, mide ve kolorektal kanserlerde (GİS) aşırı eksprese edildiği ancak sağlıklı kontrollerle karşılaştırıldığında yalnızca CRC ve EC hastalarında sistemik düzeyde önemli ölçüde yüksek IL-7 olduğu tespit edilmiştir (15).

Sonuç olarak, Meme kanserinde IL-2 RA (rs2104286) AA genotipinin yatkınlıkta rolü olabileceği ancak GİS vakalarında anlamlı bir ilişkinin olmadığı hastalarımızda gözlenmiştir. Ancak, daha büyük çalışma grupları ve farklı etnik kökenli hasta gruplarında yapılacak çalışmalar bulgularımızı doğrulamak için gereklidir.

KAYNAKÇA

Fisusi FA, Akala EO. Drug Combinations in Breast Cancer Therapy. *Pharm Nanotechnol*. 2019; 7(1): 3-23.

Huss L, Butt ST, Almgren P, et al. SNPs related to vitamin D and breast cancer risk: a case-control study. *Breast Cancer Res.* 2018; 20(1).

Łukasiewicz S, Czeczelewski M, Forma A, et al. Breast Cancer-Epidemiology, Risk Factors, Classification, Prognostic Markers, and Current Treatment Strategies-An Updated Review. *Cancers (Basel).* 2021; 13(17): 4287.

Bednarz-Misa I, Diakowska D, Krzystek-Korpacka M. Local and Systemic IL-7 Concentration in Gastrointestinal-Tract Cancers. *Medicina (Kaunas).* 2019; 55(6): 262.

Arnold M, Abnet CC, Neale RE, et al. Global Burden of 5 Major Types of Gastrointestinal Cancer. *Gastroenterology.* 2020; 159(1): 335-349.

Dmitrieva OS, Shilovskiy IP, Khaitov MR, et al. Interleukins 1 and 6 as Main Mediators of Inflammation and Cancer. *Biochemistry (Mosc).* 2016; 81(2): 80-90.

Fasoulakis Z, Kolios G, Papamanolis V, et al. Interleukins Associated with Breast Cancer. *Cureus.* 2018; 10(11): 3549.

de Araújo Santos FJ, da Silva LS, Júnior JDES, et al. Single nucleotide polymorphisms of the genes IL-2, IL-2RB, and JAK3 in patients with cutaneous leishmaniasis caused by Leishmania (V.) guyanensis in Manaus, Amazonas, Brazil. *PLoS One.* 2019; 14(8): e0220572.

https://www.rndsystems.com/pathways/il2-signaling-pathways.

Huang X, Kühne V, Kun JFJ, et al. In-vitro characterization of novel and functional regulatory SNPs in the promoter region of IL2 and IL2R alpha in a Gabonese population. *BMC Med Genet.* 2012; 13:117.

https://www.genecards.org/cgi-bin/carddisp.pl?gene=IL2.

Mousa SM, Makhlouf MM, Mohammed ET, et al. The Influence of Interleukin-2 Gene Polymorphisms on the Risk and Clinical Outcome of Non-Hodgkin Lymphoma. *Indian J Hematol Blood Transfus.* 2021; 37(4): 549-554.

Abou El Ella SS, Tawfik MA, Mohammed ZS, et al. PTPN22 gene and IL2RA rs11594656, rs2104286 gene variants: additional insights of polygenic single-nucleotide polymorphisms' pattern among Egyptian children with type 1 diabetes. Egypt Pediatric Association Gaz. 2021; 69(35): 1-9.

https://pubs.broadinstitute.org/mammals/haploreg/haploreg.php.

Fasoulakis Z, Kolios G, Papamanolis V, et al. Interleukins Associated with Breast Cancer. *Cureus.* 2018;10(11): e3549.

Kuhn DJ, Dou QP. The role of interleukin-2 receptor alpha in cancer. *Front Biosci.* 2005.

Bednarz-Misa I, Diakowska D, Krzystek-Korpacka M. Local and Systemic IL-7 Concentration in Gastrointestinal-Tract Cancers. *Medicina (Kaunas).* 2019; 55(6): 262.

Presentation ID / Sunum No: 119

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-6787-2565

Mikrotialı Türk Hastalarda Leptin ve Leptin Reseptör Genlerine Ait Fonksiyonel Varyantlarının Araştırılması

Araştırmacı Fatıma Ceren Tunçel[1], Prof.Dr. Mehmet Bekerecioğlu[2], Prof.Dr. Sacide Pehlivan[1]
[1]İstanbul Üniversitesi,İstanbul Tıp Fakültesi
[2]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

**Corresponding Author: Fatıma Ceren Tunçel*

Özet: *Mikrotia kulak kepçesinin doğuştan tamamen ya da bir kısmının gelişmemiş olması durumudur. Yaklaşık 6000 doğumda bir görülmektedir. Yapılan çalışmalar mikrotia için bazı aday gen varyantları tanımlamış olsa da nedensel bir genetik mutasyon belirlenmemiştir. Mikrotia ile ilgili yapılan epidemiyolojik araştırmalar, prevalansının bölgeye, ırka, cinsiyete ve hatta rakıma bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Mikrotia, çevresel ve genetik faktörler arasındaki etkileşimlerin dahil olabileceği çok faktörlü bir hastalıktır. Bu çalışmada, vücut ağırlığını düzenleyen adiposit spesifik bir hormon olan leptin (LEP) ve leptinin bağlandığı reseptör (LEPR) genlerine fonksiyonel varyantlarının mikrotiaya yatkınlıkla ilişkili olup olmadığı araştırıldı. Çalışmaya akraba olmayan 18 mikrotialı hasta ve 35 sağlıklı kontrol dahil edildi. LEP geni rs7799039 ve LEPR geni rs1137101 fonksiyonel varyantları polimeraz zincir reaksiyonu-restriksiyon parça uzunluk polimorfizmi (PCR-RFLP) yöntemiyle analiz edildi. Hasta ve kontrol grupları LEP (rs7700039) gen varyantı analizinde; hem genotip (GGp: 0.005 ve GAp: 0.005) hem de allel sıklığı açısından anlamlı bir ilişkinin olduğu (p:0.012) saptanmıştır. Ancak hasta grubunda Hardy Weinberg Dengesinden sapma gözlenmemiştir. GG genotipindeki anlamlı azalış koruyuculukla, GA genotipindeki anlamlı artışın ise yatkınlıkla ilişkili olabileceği gözlenmiştir. Hasta ve kontrol grupları karşılaştırıldığında LEPR (rs1137101) fonksiyonel gen varyantında; hem genotip hem de allel sıklığı açısından anlamlı bir ilişki (p:0.201) saptanmamıştır. Ancak, Hardy Weinberg Dengesi açısından ise hastalarda anlamlı sapma bulunmuştur (p:0.046). Literatürde LEP (2548 G/A) ve LEPR (668A/G) gen varyantları ile mikrotia arasında yapılan ilk çalışma olup çalışmamızda LEP (2548 G/A) fonksiyonel gen varyantına ait GA genotipinin yatkınlıkla ilişkili olabileceği gösterilmiştir. Daha büyük çalışma grupları ve farklı etnik kökenlerle yapılacak çalışmalar bulgularımızı doğrulamak için gereklidir.*

Anahtar Kelimeler: *Mikrotia, Lep (2548 G/a), Lepr (668 A/g), Dna, Pcr-Rflp*

Investıgatıon of Functıonal Varıants of Leptın and Leptın Receptor Genes in Turkısh Patıents Wıth microtıa

Abstract
Microtia is a condition in which the auricle is completely or partially undeveloped from birth. It occurs in approximately one in 6000 births. Although studies have identified some candidate gene variants for microtia, no causal genetic mutation has been identified. Epidemiological studies on microtia show that its prevalence varies depending on region, race, gender, and even altitude. Microtia is a multifactorial disease in which interactions between environmental and genetic factors may be involved. In this study, it was investigated whether functional variants of leptin (LEP), an adipocyte-specific hormone that regulates body weight, and its receptor (LEPR) to which leptin binds are associated with susceptibility to microtia. Eighteen unrelated patients with microtia and 35 healthy controls were included in the study. LEP gene rs7799039 and LEPR gene rs1137101 functional variants were analyzed by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) method. In the LEP (rs7700039) gene variant analysis of the patient and control groups; It was determined that there was a significant relationship (p:0.012) in terms of both genotype (GGp: 0.005 and GAp: 0.005) and allele frequency. However, no deviation from Hardy-Weinberg Equilibrium was observed in the patient group. It was observed that a significant decrease in GG genotype may be associated with protection, while a significant increase in GA genotype may be associated with susceptibility. When the patient and control groups were compared, in LEPR (rs1137101) functional gene variant; no significant relationship (p:0.201) was found in terms of both genotype and allele frequency. However, a significant deviation was found in patients in terms of Hardy Weinberg Balance

(p:0.046). It is the first study in the literature between LEP (2548 G/A) and LEPR (668A/G) gene variants and microtia. Studies with larger study groups and different ethnicities are necessary to confirm our findings.

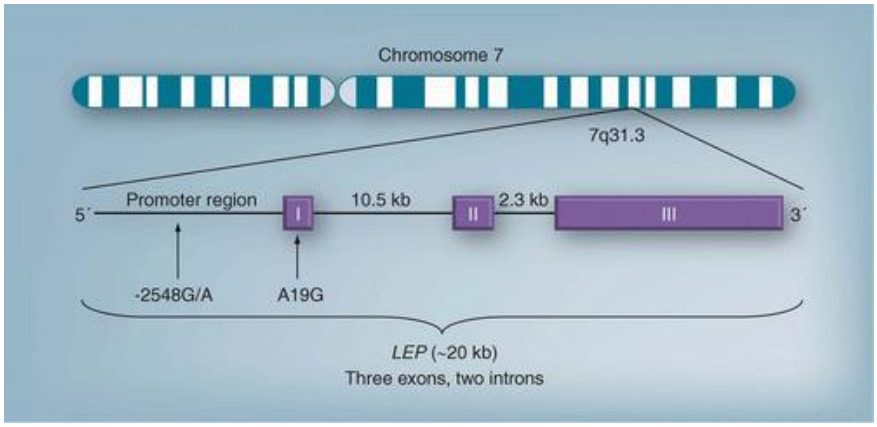
Keywords: *Microtia, Lep (2548 G/a), Lepr (668 A/g), Dna, Pcr-Rflp.*

GİRİŞ

Mikrotia, embriyonik aşamada birinci ve ikinci ark ile birinci oluğun anormal gelişiminin neden olduğu, dış ve orta kulağın konjenital bir malformasyonudur; buna işitme kaybı ve ayrıca mandibular ve fasiyal yumuşak doku displazisi eşlik edebilir.Tek taraflı veya çift taraflı olabilir ve kulak kepçesi deformitesinin derecesi hafif yapısal anormalliklerden kulağın tamamen yokluğuna kadar değişebilir. Yapılan epidemiyolojik yaygınlık araştırmaları, mikrotia yaygınlığının bölgeye, ırka, cinsiyete ve hatta yüksekliğe bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Risk faktörü analizine bakıldığında, ebeveynlik durumu ve annenin yaşı, eğitim düzeyi, annenin diyabeti, erken gebelik enfeksiyonu, çoklu doğumlar, ilaç kullanımı, gebelik sırasında sigara içme veya içki içme, insidans oranı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Gebeliğin erken döneminde yetersiz folik asit alımı da mikrotia riskini artırabilir (1). Hem insan hem de hayvan modellerinde mikrotia için farklı genetik nedenler vardır, bu da durumu anlamamıza yardımcı olur ve durum için ortak bir nedenin belirlenmesine yol açar (2).

Leptin, hipotalamusta yer alan reseptörler üzerinde etki ederek enerji harcamasını ve termojenezi düzenleyen, beyaz yağ dokularından salgılanan bir adiposit hormonudur. Leptin, bir N-terminal 21-aa sinyal peptidi içeren bir 167-aa tortu pre/pro-hormonu olarak üretilir ve enzimatik bölünmeden sonra 146-aa peptidi olarak salınır (3). İnsan leptin geni (LEP), kromozom 7'de (7q31.3) bulunur ve lep proteinini kodlar. Lep geni iki intronla ayrılmış üç ekzondan oluşur ve moleküler ağırlığı 16 kD'dur. İnsan leptin mRNA'sı, 21 aa kalıntılı bir sinyal peptidini ve 146 aa kalıntılı olgun bir proteini kodlayan 3.5 kb uzunluğa sahiptir (4). Lep gen *sekansı* memeliler arasında yüksek oranda korunur (5). LEP proteini endokrin işlev olarak, bağışıklık ve enflamatuar tepkilerin düzenlenmesinde, hematopoezde, anjiyogenezde, üremede, kemik oluşumunda, hipoksiye yanıtta, sitokin üretiminin pozitif düzenlenmesinde ve yara iyileşmesinde rol oynar. Ayrıca, Folikül Uyarıcı Hormon (FSH), Lüteinleştirici Hormon (LH), Adrenokortikotropik Hormon (ACTH), kortizol ve büyüme hormonu (GH) sekresyonlarını da etkilemektedir (6).

Leptin gen varyantlarıyla ilgili çok sayıda çalışma yapılmış olup incelenen varyantlar arasında, leptin geninde tanımlanan, bizim de bu çalışmada incelediğimiz, tek nükleotid polimorfizmi (LEP -2548 G/A polimorfizmi, rs7799039) en çok çalışılanıdır (7). Bu polimorfizim G-A nükleotid değişimini içeren ve buna bağlı olarak mRNA abundance'ına neden olmaktadır (8).

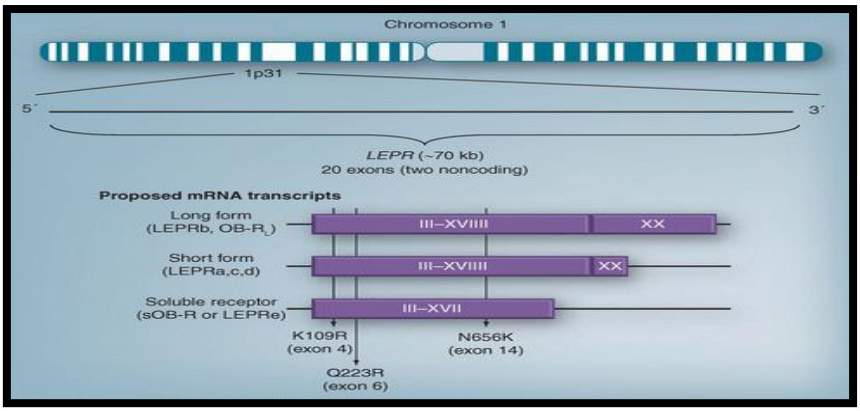


Görsel 1: Leptin geni (9).

Leptin fizyolojik etkisini sitokin reseptör ailesinin bir üyesi olan leptin reseptörü (LEPR, Ob-R olarakta bilnir) aracılığıyla gösterir. LEPR geni 1p31'de bulunur.Başlangıçta beyinde tanımlanmış bu gen, gıda

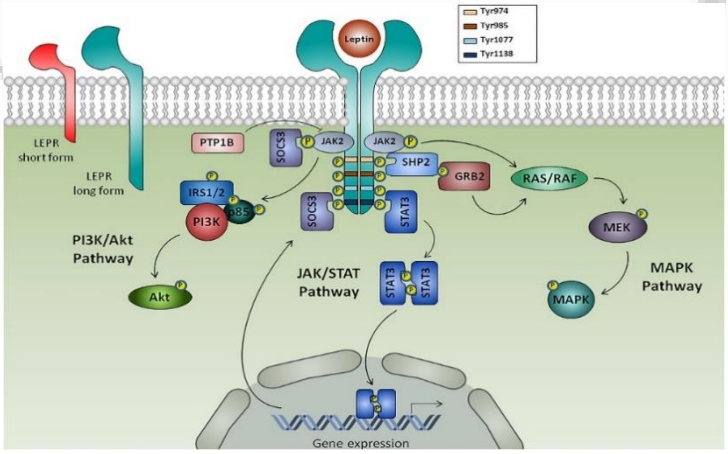
alımını ve vücut ağırlığını kontrol etmenin negatif geri bildirim mekanizmasını açıklamıştı. Bununla birlikte, ileri çalışmalar, LEPR'nin beyin, plasenta, pankreas, adrenal bez, hematopoietik hücreler, karaciğer, akciğer ve kalp dahil olmak üzere diğer birçok dokuda da ifade edildiğini göstermiştir (10).

LEPR geni mutasyonları insan ve hayvanlarda oldukça nadir görülür. Yapılan çalışmalarda, LEPR'nin tek nükleotid polimorfizmlerinin, diyabet, hipertansiyon ve bazı kanserlerle ilişkili olduğu kanıtlanmıştır (11). Bu çalışmada araştırdığımız LEPR polimorfizmi 668 A/G (rs1137101). Bu polimorfizmde A-G nükleotit değişimleri sonucu missence gen ifadesi meydana gelir (12).



Görsel 2: Leptin Reseptör Geni (LEPR) (9).

Leptin reseptörü, ana sinyal yolu olarak Janus kinaz/sinyal dönüştürücüyü ve transkripsiyon yolunun aktivatörünü kullanan sınıf I sitokin reseptör ailesinin bir üyesidir. Leptin reseptörünün leptin ile aktivasyonu, JAK/STAT, RAS/RAF/MAPK, IRS1/PI-3K, PLCγ ve AMPK/ACC modülleri gibi sinyal modüllerini aktive eder (13).



Görsel 3: Leptin Sinyal Yolakları (14).

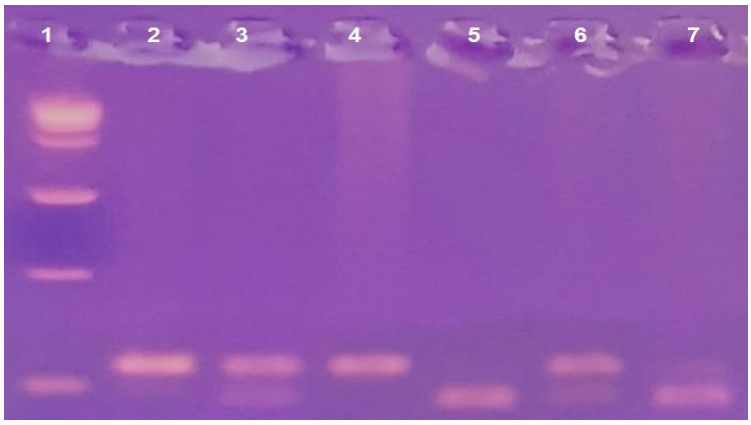
Çalışmamızda, LEP ve LEPR'yi kodlayan genlerdeki tek nükleotid polimorfizmlerinin (SNP'ler) mikrotia hastalarında genotip-allel bakımından ilişkili olup-olmadığını araştırmayı amaçladık.

MATERYAL ve METOD

Çalışmaya, akraba olmayan 18 mikrotialı hasta ve 35 sağlıklı kontrol dahil edildi. EDTA'lı tüplere alınan kanlardan önce lökosit izolasyonu, elde edilen lökositlerden de genomik DNA izole edildi.

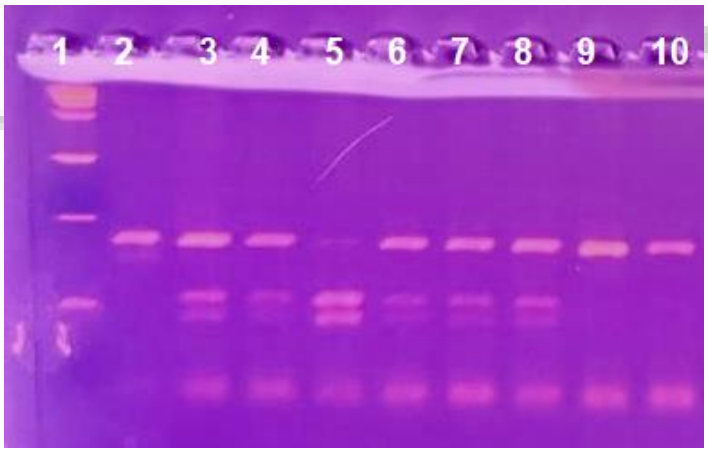
Leptin geni (LEP) -2548 G/A (rs7799039) ve Leptin reseptör geni (LEPR) 668 A/G (rs1137101) polimorfizmlerinin genotiplendirmesi Polimeraz zincir reaksiyonu-restriksiyon parça uzunluk polimorfizmi (PCR-RFLP) yöntemi ile gerçekleştirildi.

Leptin geni (LEP) -2548 G/A (rs7799039) için F:5'-TTTCCTGTAATTTTC CCGTGAG-3' ve R:5'-AAAGCAAAGACAGGCATA AAAA-3' primer diziler kullanıldı ve HhaI kesim enzimiyle kesim işlemi gerçekleştirildi (Resim.1) (15).



Resim.1 LEP -2548 G/A bölgesi PCR ve kesim ürünleri (1: Belirteç (200,500,1000bç), 2: PCR ürünü, 3,6: GA, 4: GG, 5,7: AA)

Leptin reseptör geni (LEPR) 668 A/G (rs1137101) için F: 5'-GCCTAATCCAGTATTTTATATCTG-3 ve R: 5' GCCACTCTTAATACCCCCAGTAC-3' primer dizilerive MspI kesim enzimi kullanıldı (Resim.2) (16).



Resim.2 LEPR 668 A/G bölgesi PCR ve kesim ürünleri (1: Belirteç (200,500,1000bç), 2: PCR ürünü, 3,4,6,7,8: AG, 5: GG, 9,10: AA)

Elde edilen sonuçlar ki-kare testi ve Hardy Weinberg Dengesi (HWEp) hesaplanarak analiz edildi.

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Microtia hastaları 9 erkek 9 kız olarak çalışıldı.

LEP (rs7700039) gen varyantı analizinde hasta ve kontrol grupları karşılaştırıldığında; hem genotip (GG_p: 0.005 ve GA_p: 0.005) hem de allel sıklığı açısından anlamlı bir ilişkinin olduğu (p:0.012) saptanmıştır. Microtia hastalarında; GG genotipindeki anlamlı azalış koruyuculukla, GA genotipindeki anlamlı artışın ise yatkınlıkla ilişkili olabileceği gözlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1: Mikrotialı hastalar ve sağlıklı kontroller arasında LEP (rs7700039) gen varyantı sıklığının karşılaştırılması

Genotip	Microtia n:18 (%)	Kontrol n:35 (%)	P
GG	4 (% 22,2)	22 (% 62,9)	**0.005**
GA	10 (% 55,6)	8 (% 22,8)	**0.005**
AA	4 (%22,2)	5 (% 14,3)	0.073
Allel			
G	18 (% 50)	52 (%74,3)	**0.012**
A	18 (% 50)	18 (% 25,7)	

Hasta ve kontrol grupları karşılaştırıldığında LEPR (rs1137101) fonksiyonel gen varyantında; hem genotip hem de allel sıklığı açısından anlamlı bir ilişki (p:0.201) saptanmamıştır. Ancak, Hardy Weinberg Dengesi açısından ise hastalarda anlamlı sapma bulunmuştur (p:0.046) (Çizelge 2).

Çizelge 2: Mikrotialı hastalar ve sağlıklı kontroller arasında LEPR (rs1137101) gen varyantı sıklığının karşılaştırılması

Genotip	Microtia n:18 (%)	Kontrol n:35 (%)	P
AA	8 (% 44,4)	24 (%68,6)	Ns
AG	10 (%55,6)	10 (%28,6)	Ns
GG	0 (%0)	1 (% 2,8)	Ns
Allel			
A	26 (% 72,2)	58 (% 82,9)	Ns
G	10 (% 27,8)	12 (% 17,1)	Ns
HWEp	**0.05**	0.97	

Sonuç olarak; çalışmamız literatürde LEP (2548 G/A) ve LEPR (668A/G) gen varyantları ile mikrotia arasında ilişkiyi araştıran ilk çalışma olup çalışmamızda LEP (2548 G/A) fonksiyonel gen varyantına ait GA genotipinin microtia ya yatkınlıkla ilişkili olabileceği gösterilmiştir. Daha büyük çalışma grupları ve farklı etnik kökenlerle yapılacak çalışmalar, leptin ve leptin reseptör genlerinin mikrotialı hastalarla ilişkisinin daha ayrıntılı olarak kavranmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKÇA

Chen X, Zhang R. Microtia epigenetics: An overview of review and new viewpoint. *Medicine (Baltimore)*. 2019; 98 (41): 17468.

Nursal AF, Özdilli K, Bekerecioğlu M, et al. The Relationship Between the BCAL1 Variant of the Glucocorticoid Receptor Gene and Non-Syndromic Microtia. *Sağlık Bilimleri İleri Araştırma Dergisi*. 2020; 3: 168-172.

W Nobuhiro. Subchapter 34A Leptin. *Handbook of Hormones.* 2016; 306-207.

Margetic S, Gazzola C, Pegg GG, et al. Leptin: a review of its peripheral actions and interactions. *Int Obesity*. 2002; 26: 1407-1433.

Denver RJ, Bonett RM, Boorse GC. Evolution of leptin structure and function. Neuroendocrinology. 2011; 94(1):21–38.

Cui H, López M, Rahmouni K. The cellular and molecular bases of leptin and ghrelin resistance in obesity. *Nature reviews. Endocrinology*. 2017; 13(6): 338-351.

Yiannakouris N, Melistas L, Yannakoulia M, Mungal K, Mantzoros CS: The -2548G/A polymorphism in the human leptin gene promoter region is associated with plasma free leptin levels: interaction with adiposity and gender in healthy subjects. Hormones (Athens) 2003;2:229-236.

https://pubs.broadinstitute.org/mammals/haploreg/haploreg.php.

Lee AK, Bishop JR. Pharmacogenetics of leptin in antipsychotic-associated weight gain and obesity-related complications. *Pharmacogenomics*. 2011;12(7):999-1016.

Ishikawa M, Kitayama J, Nagawa H, et al. Enhanced expression of leptin and leptin receptor (OB-R) in human breast cancer. *Clin Cancer Res*. 2004; 10: 4325-4331.

Su, S. Zhang, C. Zhang, F. Li, H. Yang, X. Tang, X. The association between leptin receptor gene polymorphisms and type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. Diabetes Res. Clin. Pract. 2016, 121, 49–58.

https://pubs.broadinstitute.org/mammals/haploreg/haploreg.php.

Catalano S, Marsico S, Giordano C, et al. Leptin enhances, via AP-1, expression of aromatase in the MCF-7 cell line. *J Biol Chem*. 2003; 278: 28668-28676.

Francisco V, Pino J, Campos-Cabaleiro V, et al. Obesity, Fat Mass and Immune System: Role for Leptin. *Front Physiol*. 2018; 9: 640.

Sabi EM, Bin Dahman LS, Mohammed AK, et al. -2548G>A *LEP* Polymorphism Is Positively Associated with Increased Leptin and Glucose Levels in Obese Saudi Patients Irrespective of Blood Pressure Status. *Medicina*. 2022; 58(3): 346.

Bains V, Kaur H, Badaruddoza B. Association analysis of polymorphisms in LEP (rs7799039 and rs2167270) and LEPR (rs1137101) gene towards the development of type 2 diabetes in North Indian Punjabi population. *Gene*. 2020; 754: 144846.

Presentation ID / Sunum No: 3

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-0722-5988

Elektrik Dağıtım Şebekelerinde Bakım Faaliyetlerinin Teknik Kalite Parametreleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Araştırmacı Kerim Kaya
Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş.

Özet: *Ülkemizde Elektrik Dağıtım Şebekelerinde tedarik sürekliliği, teknik kalite ve ticari kalite titizlikle takip edilen üç ana başlıktır. Özellikle elektrik dağıtım sistemlerinin teknik kalitesine ilişkin usul ve esaslar kapsamında teknik kalite takibi yapılmaktadır. Elektrik Dağıtım Sisteminin teknik kalitesine ilişkin usul ve esaslar kapsamında incelenen teknik kalite parametreleri Etkin Gerilim Değişimi (EGD), Gerilim Dengesizliği (GD) ve Gerilim Çökmesi (GÇ) 'dir. Burada EGD ve GD parametreleri için sınır değer toplam alınan yıllık hafta sayısının %20 olarak belirlenmiş ve gerilim çökmesi parametresi içinde haftasal bazda 35 olarak kabul edilmektedir. Ölçümler EN50160 standardı çerçevesinde IEC61000-4-30 Class A sınıf güç kalitesi cihazları ile alınmalıdır. Bu çalışmada dağıtım şebekesinde yapılan bakım çalışmalarının teknik kalite parametreleri (EGD-GD-GÇ) üzerine etkileri incelenmiş olup sonuçları paylaşılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde Dağıtım Şebekesinde yapılan bakım faaliyetlerinin teknik kalite parametreleri (EGD-GD-GÇ) üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Dağıtım Sistemi, Teknik Kalite, Güç Kalitesi, Etkin Gerilim Değişimi, Gerilim Dengesizliği, Gerilim Çökmesi, Bakım*

Investigation of the Effects of Maintenance Activities On Technical Quality Parameters in Electricity Distribution Networks

Abstract*: Continuity of supply, technical quality, and commercial quality are the three main topics that are followed meticulously in electricity distribution networks in our country. In particular, technical quality monitoring is carried out within the scope of the procedures and principles related to the technical quality of electricity distribution systems. The technical quality parameters examined within the scope of the procedures and principles related to the technical quality of the Electricity Distribution System are monitored as Effective Voltage Change (EVC), Voltage Unbalance (VU) and Voltage Collapse (VC). Here, the limit value for the EVC and VU parameters is determined as 20% of the total number of annual weeks received and is accepted as 35 every week within the voltage collapse parameter. Measurements should be taken with IEC61000-4-30 Class A class power quality devices within the framework of EN50160 standard. In this study, the effects of maintenance work performed in the distribution network on technical quality parameters (EVC-VU-VC) were examined and the results were shared. When the results are examined, it is seen that the maintenance activities carried out in the Distribution Network have a very significant effect on the technical quality parameters (EVC-VU-VC).*

Keywords: *Distribution System, Technical Quality, Power Quality, Effective Voltage Change, Voltage Unbalance, Voltage Collapse, Maintenance*

GİRİŞ

Güç kalite parametrelerinin takibi standart ve yönetmeliğe uygunluğun doğrulanması, arıza analizi, güç kalitesi açısından problemli noktaların tespiti gibi olanaklar sağlamaktadır [1][2]. Elektrik Dağıtım Sisteminin teknik kalitesine ilişkin usul ve esaslar kapsamında incelenen teknik kalite parametreleri Etkin Gerilim Değişimi, Gerilim Dengesizliği ve Gerilim Çökmesidir. Bu güç kalite parametreleri şebeke işletmecisi tarafından EN50160 standardı çerçevesinde IEC61000-4-30 Class A sınıf güç kalite cihazları ile ölçülmektedir [3]. Gelişmiş ölçüm teknolojileri dağıtım sistemlerini daha verimli hale getirmek için güç sistemlerinde kendine yer bulmuştur. Dağıtım şebekesinde artan sayıda akıllı cihaz ile

ekonomi, güvenilirlik ve güç kalitesi dahil olmak üzere güç sistemlerinin birçok alanında iyileştirmeler yapılabilir [4]. Dağıtım şebekelerinde öncelikli olarak güç kalite parametreleri EN50160 standardı kapsamında değerlendirmesi yapılarak haftalık-aylık-yıllık olarak genel incelemesi yapılmaktadır. Burada haftalık rapor değerlendirmesi sonucu güç kalite parametreleri açısından ölçüm alınan noktalarda sorun tespit edilmesi halinde birincil önceliğimiz o ölçüm noktası bakım faaliyetleri kapsamına alınmaktadır. Yapılan bu çalışmada teknik kalite ölçümü alınıp sorun tespiti yapılmış ölçüm noktalarında bakım çalışmaları gerçekleştirilmiş olup ilgili bakım faaliyeti sonucunda teknik kalite parametreleri üzerindeki değişimler gözlemlenmiş olup başarımı ölçülmüştür.

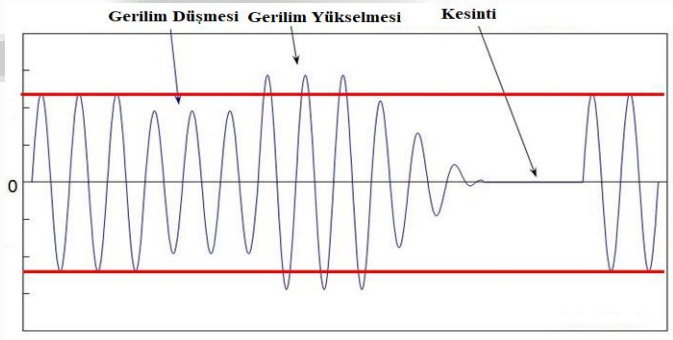
MATERYAL VE YÖNTEM

Dağıtım şebekelerinde güç kalitesinin izlenmesi için kurulan sistemlerin sayısı artarak devam etmektedir [2][5].Teknik kalitede enerjinin daimi olması, gerilim kararlılığı, dengeli faz gerilimlerinin olması ve oluşan parazit sinyalllerinin sınırlar içerisinde olması istenir. Teknik kalite parametreleri EGD, GD, GÇ, Toplam Harmonik Bozunum (THD), Fliker ve akım-gerilim harmonikleri olarak incelenmektedir.

2.1. Güç Kalitesi Parametleri

Gerilim Düşmesi: Gerilimin bir tam dalgadan daha uzun bir süre 0,9 pu değerinden daha düşük bir değere düşmesidir.

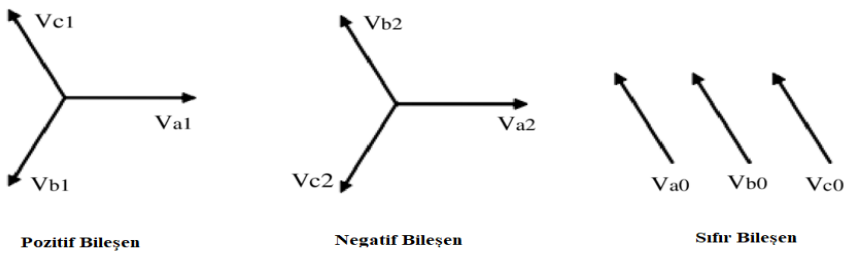
Gerilim Yükselmesi: Gerilimin bir tam dalgadan daha uzun bir süre 1.1 pu değerinden daha büyük bir değere çıkmasıdır [6][7][8].



Şekil 1: Sag-Swell grafiksel gösterim

AG seviyesi için 208V-254V arası kabul edilebilir seviyedir. OG seviyesi için 16368V-20005V (16kv-20kv) arası kabul edilebilir seviyedir[7].

Gerilim Dengesizliği: Ölçüm periyodu boyunca ölçülen gerilim negatif bileşeni etkin değerlerinin 10'ar dakikalık ortalamalarının en az %95'inin pozitif bileşenlere oranı en fazla % 2 olmalıdır[7].



Şekil 2: Gerilim Dengesizliği Parametreleri

Harmonik: Doğrusal olmayan yükler veya gerilim dalga şekli ideal olmayan jeneratörlerden dolayı bozulmaya uğramış bir alternatif akım veya gerilimde, ana bileşen frekansının tam katları frekanslarda oluşan sinüsoidal bileşenlerin her biri [7].

THB (Toplam Harmonik Bozulma): Gerilim harmonik bileşenlerinin etkin değerlerinin kareleri toplamının karekökünün, ana bileşenin etkin değerine oranı olan ve dalga şeklindeki bozulmayı yüzde olarak ifade eden ve aşağıdaki formül uyarınca hesaplanan değerdir. THB değeri (40. harmoniğe kadar değerler dâhil) en fazla % 8 olarak uygulanır [7].

$$THB_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} (U_h)^2}}{U_1} x100 \qquad \textbf{(2.1)}$$

Fliker: Yükteki dalgalanmalar nedeniyle ortaya çıkan ve aydınlatma armatürlerinde kırpışmaya yol açan 50 Hz altındaki gerilim salınımlarıdır [7].

Uzun Süreli Fliker: Plt: İki saatlik zaman aralığı boyunca ölçülen (12 ardışık ölçüm) Pst değerlerinden aşağıdaki formül uyarınca hesaplanan fliker şiddeti endeksini,

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{12}\sum_{j=1}^{12} P_{st_j}^{\ 3}} \qquad \textbf{(2.2)}$$

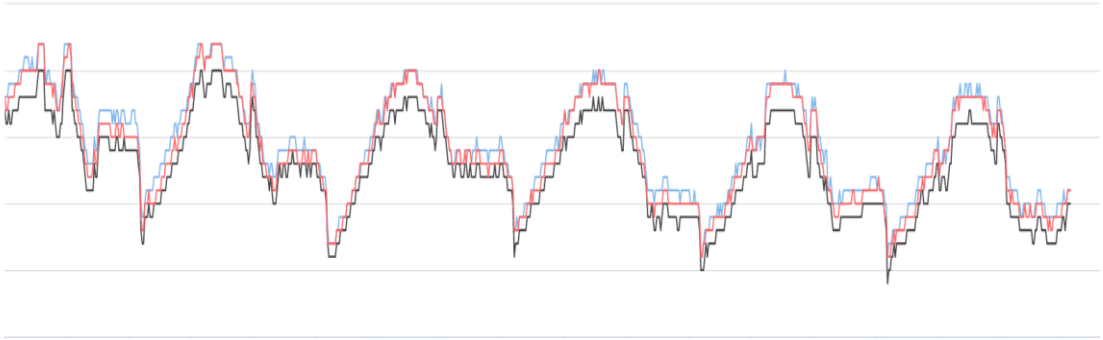
Kısa Süreli Fliker: Pst: 10 dakikalık periyotlarla ölçülen fliker şiddeti endeksini,

Fliker Şiddeti Endeksi	Sınır Değerler
P_{st}	≤ 1.0
P_{lt}	≤ 0.8

Şekil 3. Fliker Şiddeti

BULGULAR

Yapılan bu çalışmada Elektrik Dağıtım Sisteminin teknik kalitesine ilişkin usul ve esaslar kapsamında incelenen teknik kalite parametreleri EN50160 standardı çerçevesinde IEC61000-4-30 Class A sınıf güç kalite cihazları ile ölçülmekte ve enerji platformu ile takibi yapılmaktadır.





Şekil 4. Örnek Class A cihazlar ve Enerji Yönetim Sistem arayüzü

Teknik Kalite ölçümü alınan bir nokta EGD ve GÇ parametrelerinden haftalık bazda kalmaktadır. Bu nedenle ilgili nokta bakım kapsamına alınmış olup kabin içerisindeki ilgili cihazın takılı olduğu çıkış hücresi termal kamera ile incelenmiş ve hücrede ark-ölçü devresinde kısmi deşarj tespit edilmiştir. Kesicili hücre değişimi yapılarak hücre içerisindeki ark oluşumu ve ölçü devresindeki yaşanan kısmi deşarj giderilmiştir. Ayrıca ilaveten ölçüm noktası ile irtibatlı tüm dağıtım şebekesi bakım kapsamına alınıp tespit edilen sorunlar giderilmiştir.



Şekil 5. Bakım sonrası alınan termal kamera ve kısmı deşarj ölçümleri

Ölçüm alınan bir başka noktada haftalık bazda gerilim çökme sayısı 35 üzerine çıktığı aylık olarak da takip edildiğinde limit değerlerinin üzerinde seyrettiği görülmüştür. Bakım kapsamında ölçüm noktası incelendiğinde Enerji nakil hattı ormanlık alandan geçmesinden ötürü ağaç temaslarının çok fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca hat güzergahı üzerinde bulunan direk izolatörleri incelenmiş ve çatlak-kırık olanlar tespit edilmiştir. Birkaç noktada sıkı-bağ sarımları yenilenmiştir.



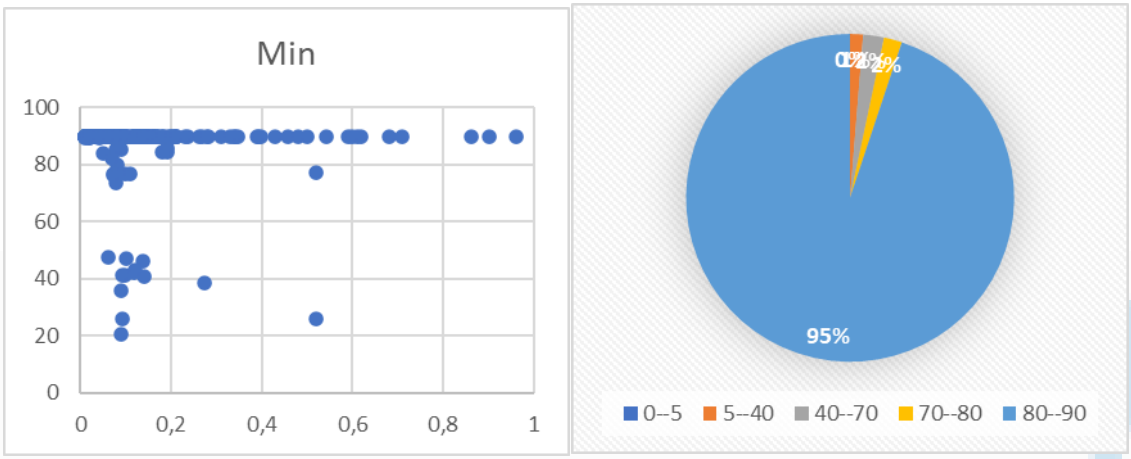
Bakım Öncesi



Bakım Sonrası

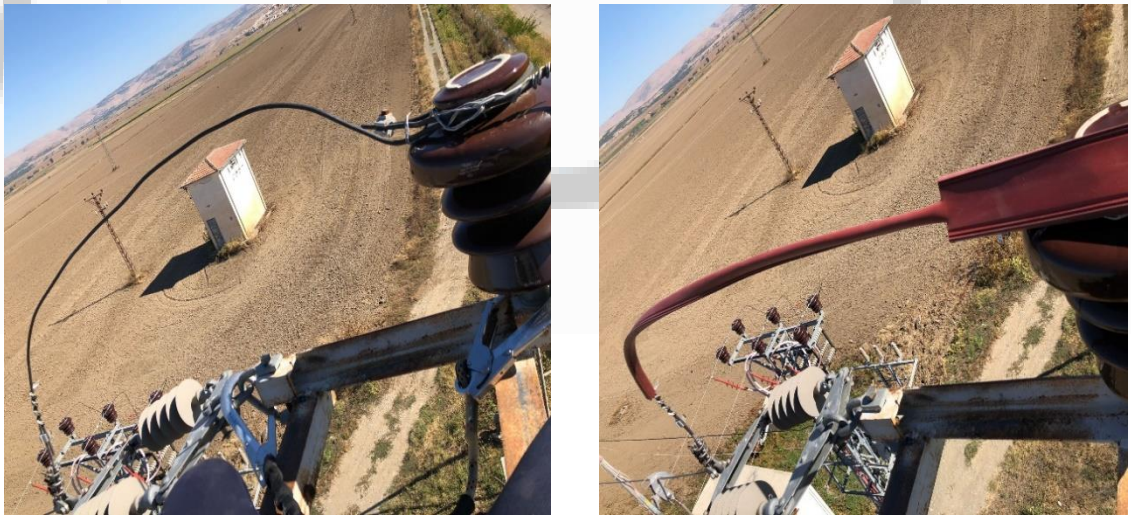
Yapılan bakım faaliyetleri ile toplam gerilim çökme sayısında %50 yakın iyileşme kaydedilmiş olup çalışma başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

Ölçüm alınan farklı bir noktada EGD ve gerilim çökme sayısından başarısız olduğu tespiti yapılmış ve hat güzergahı bakım faaliyeti kapsamına alınmıştır. İlgili ölçüm noktasında alınan bir haftalık gerilim çökmesi yüzdesel dilimi Şekil 6 paylaşılmıştır.



Şekil 6. Yüzdesel gerilim çökme grafiği

Yük artışından kaynaklı olarak gerilim profilinde düşme kaydedilmiştir. Bununla birlikte oluşan gerilim çökmelerinin derinlik ve süreleri yukarıda görüldüğü üzere 80-90 aralığında yoğunlaşmıştır. Yapılan bakım faaliyetleri ile ağaç kesimi, izolatör kırığı vb. sorun yaratacak durumlar ortadan kaldırılmış ve fider üzerindeki ring noktalarındaki manevralar daha optimize şekilde gerçekleştirilerek teknik kalite parametreleri iyileştirilmiştir.



Şekil 7. Hat bakım çalışmaları

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada Elektrik Dağıtım Sisteminin teknik kalitesine ilişkin usul ve esaslar kapsamında incelenen teknik kalite parametreleri EN50160 standardı çerçevesinde IEC61000-4-30 Class A sınıf güç kalite cihazları alınan Teknik kalite ölçümleri (EGD-GD-GÇ) değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirmeler çerçevesinde Teknik kalite parametrelerinde limit değerlerin üzerinde seyreden üç

farklı ölçüm noktası bakım faaliyetleri kapsamına alınmıştır. Birincil ve ikincil bakım faaliyetleri kapsamında izolatör-hat-kabin-hücre vb. bakımları yapılmış ve enerji nakil hattı güzergahı incelenmiştir. Enerji nakil hattı güzergahında hatta temas eden ağaçlar kesilmiş direk üzerindeki kuş yuvaları-leylek yuvaları uygun noktalara alınmıştır. Ayrıca ölçü devrelerinde ve kabin içi kısmı deşarjlar giderilmiş ve trafo giriş-çıkış kablo başlıkları ve diğer bağlantı noktaları termal kamera ile görüntülemesi yapılarak bakım öncesi ve sonrası Teknik Kalite parametreleri takip edilmiştir. Özellikle Etkin Gerilim Değişimi ve Gerilim Çökmesi parametrelerinde %50 yakın iyileşmeler kaydedilmiştir. Şebekede özellikle fider üzerindeki ring noktalarındaki manevralar daha optimize şekilde gerçekleştirilerek hem Etkin Gerilim Değişimi hem de Gerilim Dengesizliği parametrelerinde %40-%50 yakın iyileşmeler kaydedilmiştir. Bu çalışma sayesinde şebeke bakım faaliyetleri öncesi ve sonrası kıyaslama-başarımı ölçülmüş olup dağıtım şebekesinde bakım faaliyetlerinin ne kadar önemli bir etkene sahip olduğu ortaya koyulmuştur.

KAYNAKÇA

[1] J. V. Milanović, M. H. J. Bollen, and N. Čukalevski, "Guidelines for monitoring power quality in contemporary and future power networks - results from CIGRE/CIRED JWG C4.112," *CIGRE Sess. 45 - 45th Int. Conf. Large High Volt. Electr. Syst. 2014*, vol. 2014-August, no. December 2013, pp. 1–8, 2014.

[2] Y. Yalman, "Türkiye Elektrik İletim Şebekesinde Güç Kalitesi Parametrelerinin Yönetmelik ve Standartlar Işığında Yıllara Göre Değerlendirilmesi Assesment of Turkish Transmission Network Power Quality Parameters Based on Regulations and Standarts," pp. 117–124, 2018, doi: 10.5281/zenodo.1482618.

[3] R. Neumann, "The importance of IEC 61000-4-30 Class A for the coordination of power quality levels: Is it important?," *2007 9th Int. Conf. Electr. Power Qual. Util. EPQU*, 2007, doi: 10.1109/EPQU.2007.4424226.

[4] W. Are *et al.*, "Electrical Power Systems Quality , Second Edition".

[5] A. Romeo and E. Artegiani, "Cdte-based thin film solar cells: Past, present and future," *Energies*, vol. 14, no. 6, 2021, doi: 10.3390/en14061684.

[6] V. Collapse, "Voltage collapse and its avoidance: Dr Nigel T Hawkins," *IEE Colloq.*, no. 101, 1997.

[7] "teknik kalite usul ve esaslar."

[8] F. A. Althowibi and M. W. Mustafa, "Power system network sensitivity to voltage collapse," *2012 IEEE Int. Power Eng. Optim. Conf. PEOCO 2012 - Conf. Proc.*, no. June, pp. 379–383, 2012, doi: 10.1109/PEOCO.2012.6230893.

Presentation ID / Sunum No: 17

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-4394-0815

Lyapunov Stability and Passivity Analysis of a Certain Fourth-Order Elliptic Filter

Doç.Dr. Muzaffer Ateş
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

***Abstract**: This paper utilizes the Lyapunov direct method to offer the global asymptotic stability and passivity analysis of a fourth-order time invariant Elliptic filter. An Elliptic filter consists of an interconnection of resistors, inductors, capacitors and an exogenous input voltage. The mathematical model of the system was obtained from the RLC circuit. RLC circuits play a superb role in the stability theory. In applications, they give suitable properties of stability. The Lyapunov function obtained from the RLC circuit is a natural storage function that satisfies the dissipation inequality. Inductors and capacitors are the energy storage elements of an RLC circuit. The obtained energy, storage or Lyapunov function is decrescent, positive definite and readily unbounded. We also prove that the function is bounded. Lyapunov stability is an invaluable boon for predicting the behavior of the systems without explicit solutions. The relationship between stability and passivity is also discussed. Passivity theory was first handled in the circuit analysis and then successful implementations of passivity analysis were found in various other areas. This relation is given by the dissipation inequality. We also obtain a further passivity result with Gronwall's inequality to determine the boundedness solutions of the given Elliptic filter's system equations.*

***Keywords:** Fourth-Order System, Lyapunov Stability, Passivity, Elliptic Filter, Gronwall's İnequality*

Introduction

The stability analysis of linear systems is one of the most important subjects of control theory. In nature and society, many systems can be described as linear systems. In control theory, many systems can be modeled by linear or nonlinear RLC networks; examples include ordinary differential equations [1], oscillators [2], electric filters [3], and Hopfield-type neural networks [4]. An Elliptic filter (RLC circuit) is an interconnection of resistors, inductors, capacitors and an exogenous input voltage. The qualitative analysis of the Elliptic filter is analyzed by the Lyapunov direct method. We construct the energy (storage) or Lyapunov function from the storage elements (capacitors and inductors) of the RLC circuit. In history, many researchers have studied the concept of the passivity problem widely [5], [6], [7]. The literature demonstrates passivity only with dissipation inequalities [8]. In this study, we obtain a further passivity result with Gronwall's inequality [9] to determine the boundedness solutions of the given Elliptic filter. Passivity theory was first processed in the circuit analysis [6] and then successful applications of passivity were found in various other areas.

Materials and Method

In this study, we consider the following circuit's qualitative (stability and passivity) properties

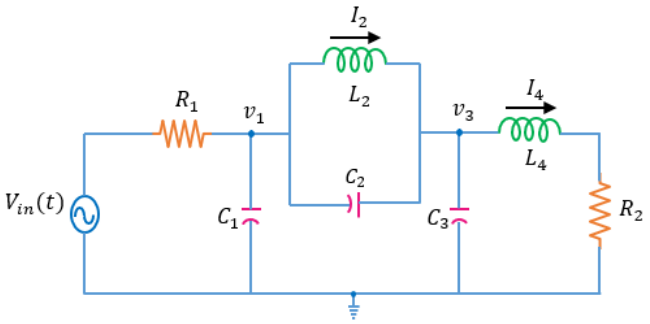


Figure 1. An Elliptical filter circuit.

For a simple analysis, let $R_1 = R_2 = L_2 = L_4 = C_1 = C_2 = C_3 = 1$. Then, we obtain the following system equations by Kirchhoff's current and voltage laws:

$$\begin{cases} \dot{v}_1 = \frac{2}{3}v_{in}(t) - \frac{2}{3}v_1 - \frac{1}{3}I_2 - \frac{1}{3}I_4 \\ \dot{I}_2 = v_1 - v_3 \\ \dot{v}_3 = \frac{1}{3}v_{in} - \frac{1}{3}v_1 + \frac{1}{3}I_2 - \frac{2}{3}I_4 \\ \dot{I}_4 = v_3 - I_4 \end{cases} \quad (1)$$

We claim that the equilibrium point of (1) is $(0,0,0,0)$.

Theorem 1 The equilibrium point of (1) is globally asymptotically stable.

Proof The energy or Lyapunov function of the above circuit can be constructed from the storage elements of the circuit such as

$$W(t) = W(v_1, I_2, v_3, I_4) = \frac{1}{2}\left[v_1^2 + v_3^2 + (v_3 - v_1)^2 + I_2^2 + I_4^2\right]$$

Hence,

$$W(t) \geq \frac{1}{2}v_1^2. \quad (2)$$

$W(0) = 0$,
$W(\cdot) > 0$ in the neighborhood of the equilibrium.

Hence, the Lyapunov function W in (2) is a positive definite function.

In circuit theory, we may state the following natural result.

Corollary 1 The time derivative of the Lyapunov function constructed from an RLC circuit system is equal to the negative value of the dissipated power in the resistors.

For stability analysis we set $v_{in} = 0$. Then the time derivative of W along the trajectories of (1) yields

$$\dot{W}(t) = -v_1^2 - I_4^2 \leq 0. \qquad (3)$$

Hence, Corollary 1 is satisfied. From the LaSalle invariance principle, we have $\dot{W} = 0$, it implies that $v_1 = I_4 = 0$. This proves our claim.

In this case of $v_{in}(t) \neq 0$, we establish the following result.

Theorem 2 Suppose that conditions of the Theorem and the following inequality hold.

$$\int_0^t v_{in}(s)\,ds \leq K < \infty, \quad \forall\, t > 0,$$

where K is a positive constant. Then, all the solutions of (1) with its input function are bounded or (1) is strongly passive.

Proof From Theorem 1 with $v_{in}(t) \neq 0$, we have the followings:

$$\dot{W}(t) = \frac{2}{3} v_{in}(t) v_1 - v_1^2 - I_4^2 \qquad (4)$$

From (4), we may write

$$\dot{W}(t) + \frac{1}{2}\left(v_1^2 + I_4^2\right) \leq \frac{2}{3} v_{in}(t) v_1 \qquad (5)$$

(5) implies that the system is strongly passive, then we have

$$\dot{W}(t) \leq \frac{2}{3} v_{in}(t) v_1. \qquad (6)$$

From (6), with $v_1 \leq 1 + v_1^2$, we have

$$\dot{W}(t) \leq \frac{2}{3} v_{in}(t)[1 + v_1^2].$$

Then from (2), we have

$$\dot{W}(t) \leq \frac{2}{3} v_{in}(t)[1 + 2W(t)]. \qquad (7)$$

Integrating (7), then using Theorem 2 we obtain

$$W(t) \leq \frac{2}{3} K + \frac{4}{3}\int_0^t W(t)\, v_{in}(t)dt \qquad (8)$$

From Gronwall's inequality [9], (8) yields

$$W(t) \leq \frac{2}{3} K \exp\left(\frac{4}{3} K\right) \qquad (9)$$

Finally, the connection between (2) and (9) gives the following result

$$\frac{1}{2} v_1^2 \leq W(t) \leq \frac{2}{3} K \exp\left(\frac{4}{3} K\right).$$

Thus, the energy function W is bounded. This implies that all the solutions of () are bounded in magnitude. Hence, the main system () is strongly passive.

References

M. Ates, "Circuit theory approach to stability and passivity analysis of nonlinear dynamical systems," *International Journal of Circuit Theory and Applications*, 50(1), 214-225, 2022.

A. A. Nanha Djanan, B. R. Nana Nbendjo and P. Woafo, "Control of vibration on a hinged-hinged beam under a non-ideal excitation using RLC circuit with variable capacitance," *Nonlinear Dynamics*, vol. 63, no. 3, pp. 477–489, Sep. 2010.

B. Saeidi, "A Fourth Order Elliptic Low-Pass Filter with Wide Range of Programmable Bandwidth, Using Four Identical Integrators," 2007 *IEEE Custom Integrated Circuits Conference*, Sep. 2007.

P. Arena, S. Baglio, L. Fortuna and G. Manganaro, "Chua's circuit can be generated by CNN cells" IEEE Transactions on Circuits and Systems I: *Fundamental Theory and Applications*, vol. 42, pp.123-125, Feb. 1995

J. C. Willems, "Dissipative dynamical systems part I: General theory," *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, vol. 45, no. 5, pp. 321–351, 1972S.

J.L. Wang, H.N. Wu, T. Huang, S.-Y. Ren and J. Wu, "Passivity and Output Synchronization of Complex Dynamical Networks with Fixed and Adaptive Coupling Strength," *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 29, no. 2, pp. 364–376, Feb. 2018 .

J.-L. Wang, H.-N. Wu, T. Huang, S.-Y. Ren and J. Wu, "Passivity of Directed and Undirected Complex Dynamical Networks with Adaptive Coupling Weights," *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 28, no. 8, pp. 1827–1839, Aug. 2017.

H.K. Khalil, "Nonlinear Control". London, UK, Pearson Education, 2015, pp. 119 –124.

Vidyasagar, "Nonlinear system analysis." Philadelphia, USA: Siam, 2002, pp. 135-192.

Presentation ID / Sunum No: 24

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-2728-706X

Ag Tesislerde Supraharmonik Ölçümü: Yedaş Örneği

Araştırmacı Caner Özen[1], Araştırmacı Kerim Kaya[1], Araştırmacı Arsalan Bayatmakoo[1], Araştırmacı İlker Bektaş[2]
[1]YEDAŞ
[2]Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

*Corresponding author: Caner Özen

Özet: *Dünya genelindeki yeşil enerji dönüşümü ile beraber karbon salınımı konusundaki çevresel kaygılar; akıllı şebekelere yönelim, güç elektroniği sistemlerinin kullanımı ve yenilenebilir enerji üretiminin sürekli artan entegrasyonu ile giderilmektedir. Dağıtık üretimler, elektrikli motor sürücüleri, LED, batarya teknolojileri, robotlar ve birçok doğrusal olmayan yüklerin elektrik şebekelerine entegrasyonu da hız kazanmaktadır. Geleneksel elektrik şebekelerinde güç kalitesi için tanımlanan frekans aralığı 0-2 kHz frekans bandını kapsamaktadır. Ancak tüm bu yeni teknolojiler, 2-150 kHz frekans bantlarında emisyonlar yoluyla şebekelere sorunlar yaratmaktadır. Ayrıca 0-2 kHz frekans bandı ölçümü A sınıfı niteliğindeki birçok cihaz ile yapılabilmektedir. Günümüzde özellikle bu yenilenebilir teknolojilerin artması ile birlikte oluşabilecek yüksek harmonik seviyelerini ölçebilen cihaz sayısı oldukça azdır. Bu çalışmada YEDAŞ sorumluluk sahasında bulunan bir işletmede AG seviyesinde supraharmonik ölçüm sonuçları sunulmaktadır.*

Anahtar Kelimeler: *Elektrik Dağıtım, Güç Elektroniği, Güç Kalitesi, Harmonik, Supraharmonik*

Supraharmonıc Measurement in Lv Facılıtıes: Yedas Case

Abstract*: With the global green energy transition, environmental concerns about carbon emissions are being addressed by integrating smart grids, power electronics systems, and ever-increasing integration of renewable energy production. The integration of distributed generation, electric motor drives, LED, battery technologies, robots and many non-linear loads into grids are increasing. The frequency range defined for power quality in conventional electricity networks covers the frequency band of 0-2 kHz. However, all these new technologies are causing problems to the networks through emissions in the frequency bands of 2-150 kHz. In addition, 0-2 kHz frequency band measurement can be carried out with many Class A devices. Nowadays, the number of devices that can measure high frequency emissions, which may occur especially with the increase of these renewable technologies, is quite limited. In this study, supraharmonics measurement results are presented at a Low Voltage level in a facility located in the YEDAŞ responsibility area.*

Keywords: *Electricity Distribution, Power Electronics, Power Quality, Harmonics, Supraharmonics*

GİRİŞ

Türkiye'deki elektrik dağıtım şebekelerinde temel şebeke frekansı 50 Hz'dir. Bununla birlikte temel frekansın yanı sıra ara harmonikler (interharmonik), harmonik ve supraharmonik olmak üzere çeşitli frekanslar da şebekede bulunmaktadır. Elektrik dağıtım şirketlerinin tabi olduğu 'Şebeke Yönetmeliği' ve 'Teknik Kalite Usul ve Esasları' yönetmeliğinde harmonikler 50 Hz ile 2 kHz aralığında tanımlanmaktadır. Bunun sebebi ise 40'ıncı harmonik kademe ve sonrası oluşan harmonik genliklerinin bozucu etki oluşturamayacak kadar küçük olduğunun değerlendirilmesidir. Ancak 21'inci yy. itibariyle güç elektroniği alanındaki gelişmeler ve şebekelerdeki yaygın kullanımı ile birlikte 2-150 kHz frekans bandında küçük genlikli ve yüksek frekanslı harmonikler elektrik dağıtım şebekelerinde görülmektedir [1].

Elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri 50 Hz frekansı için tasarlanmış olsalar da 150 kHz frekansına kadar işlevselliklerini korumaktadırlar. Taşınan sinyalin frekansı ile birlikte hat/kablo empedansı da doğru orantılı olarak artmakta ve 100 kHz mertebesinde nominal frekans değeri olan 50 Hz'deki hat/kablo empedansına kıyasla 100 kata kadar daha yüksek empedanslar ortaya çıkarmaktadır. Bu durum; yüksek frekanslı küçük genlikli akım harmoniklerinin, dağıtım şebekesinde iletimleri/yayılımları sırasında yüksek empedanslara maruz kalarak büyük genlikli gerilim harmoniklerine dönüşmelerine neden olmaktadır [2].

Supraharmonikler, elektrik dağıtım şebekelerinde enerji kayıpları, güç kalitesi bozulumu, şebeke bileşenlerinin kullanım ömrünün ve verimliliğinin azalması gibi çeşitli olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bununla birlikte literatürde ölçüm ve analiz konusunda yapılan çalışmaların az olduğu görülmektedir. Bu çalışmada Yeşilırmak EDAŞ (YEDAŞ) sorumluluk sahasında A sınıfı güç kalite cihazıyla gerçekleştirilen ölçümler sunulacaktır.

Supraharmonikler

Literatürde supraharmonikler, 2 kHz ile 150 kHz arasındaki frekans değerlerine sahip olan gerilim harmonikleri olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda güç elektroniği tabanlı yüksek anahtarlama frekanslı yarı-iletken teknolojilerin şebekede varlığının artmasıyla, supraharmonikler ve supraharmonik kaynaklı olabileceği değerlendirilen bozucu etkiler şebekelerde görülmektedir [3-6]. Elektrik şebekesinde bu bozucu etkiler; güç kalitesi bozulumu, aydınlatma sistemlerindeki dimmerlerin kalıcı hasarları, kapasitör banklarının ve dağıtım trafolarının aşırı ısınmaları, elektronik cihazlarda sık arızalanmalar, akıllı sayaç haberleşmelerinde kopmalar, koruma sistemlerinde hatalı operasyonlar ve evirici/çevirici cihazlarda istemsiz devreden çıkma olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca [5]'teki çalışmada eviriciler ve güç hattı haberleşme sistemleri (Power Line Communication, PLC) gibi güç elektroniği tabanlı sistemler ve yenilebilir enerji kaynaklı dağıtık üretim santralleri, supraharmoniklerin başlıca kaynakları olarak gösterilmektedir.

AG seviyesindeki supraharmonik kaynaklarını istemli ve istemsiz olmak üzere iki başlık altında incelemek mümkündür. İstemsiz supraharmonik kaynakları olarak LED aydınlatmalar, elektrikli araç şarj istasyonları, evirici ve çeviriciler gösterilebilir. Literatürde bu kaynakların supraharmoniklerden kaynaklı akım ve gerilim dalga formunda bozulmaları arttırıcı yönde etki gösterdiği belirtilmektedir [7-10]. İstemli kaynaklar ise EN 50065 ve IEC 61000-3-8 standartlarında 9-148,5 kHz frekans bandı olarak tanımlanan PLC'dir [8].

Yukarıda bahsedilen etkilerin yanı sıra ilgili şebeke elemanının kapasitif ve endüktif empedansların eşit olması sonucu sistemin daha büyük genliklerde salınımı durumu olan rezonans etkisi supraharmoniklerde de görülmektedir. Şebeke bileşeninin rezonans frekansına eşit frekansta ortaya çıkan YFE'ler ilgili şebeke bileşenlerinin aşırı gerilimlere maruz kalmasına neden olmaktadır. OG şebekelerde supraharmonik kaynaklı rezonansların temel nedenleri; yüksek empedanslı zayıf şebekeler, yaygın evirici ve çevirici kullanımı ile uzun iletim/dağıtım hatları olarak gösterilebilir [11]. Ayrıca [12] ve [13]'teki çalışmalarda supraharmonik kaynağı tarafından yayılan 12,4 kHz'deki emisyonun rezonans sonucu kablo sonlandırma-kablo başlığında kalıcı hasarlara neden olduğu sonucu paylaşılmıştır.

Supraharmoniklerin şebeke bileşenlerine etkisi konusunda yapılan araştırmalarda işitilebilir gürültü, enerji kayıpları, kablo sonlandırma arızaları, kaçak akım rölelerinin istemsiz tetiklenmesi ve fliker gibi problemler de gözlenmiştir [14-18].

Mevcut uluslararası standartlar araştırıldığında bu frekans bandını IEC 61000-3-8, IEC 61000-4-19'un 'Ek A' kısmı ve EN50065 standartlarının kapsadığı görülmektedir. 150 kHz sınırından bahsedilmesinin sebebi, 148.5 kHz sonrasının uzun dalga radyo bandı olarak değerlendirilmesidir [5]. İncelenen standartlarda tanımlanan frekans aralıkları Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Frekans aralığı tanımları [19]

Harmonikler	50 Hz – 2 kHz
Supraharmonikler	2–150 kHz
İletilen ve Yansıyan Frekanslar	30 MHz – 3 GHz
Yansıyan Frekanslar	>3 GHz

Ölçüm Noktası ve Ölçüm Cihazları

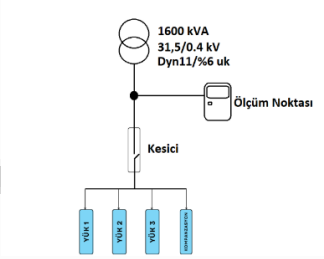
Supraharmonikler yüksek frekanslı küçük genlikli akım harmoniklerinin yüksek frekanslı büyük genlikli gerilim harmoniklerine dönüşmesi fenomenidir. Bu fenomenin ölçümü için gerekli cihazların A-sınıfı 2-150 kHz frekans aralığını ölçüm kapasitesine sahip olması gerekmektedir. İlgili özellikteki cihazlar araştırıldığında A-Eberle PQ-Box 150, PQ-Box 300 ve PowerSide PQube 3 cihazlarının bu özellikleri sağladığı görülmüştür. Yapılan ölçüm A-Eberle PQ-Box 300 cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte OG seviyesindeki ölçümler ölçüm trafoları üzerinden yapılabileceği için ve bu trafoların frekans tepkisi nedeniyle hassasiyetin azalacağı ve doğru ölçüm verileri elde edilemeyeceği değerlendirildiğinden bu çalışmada AG ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Tercih edilen ölçüm cihazının teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Tercih Edilen A Sınıfı Ölçüm Cihazı Teknik Özellikleri

IEC 61000-4-30 ED.3'e göre Class A
Akım ve gerilimin 50.harmonik bileşenine kadar max, min ve ort değer kaybı
170 kHz'e kadar supraharmoniklerin kaydı
10 ms RMS ve Osiloskop olay kaydı
Fliker kaydı
EN50160 ve IEC-61000-2-2/2-4 standartlarına göre gerilim kalitesi

Gerçekleştirilen AG ölçümlerde akım ölçümleri için Rogowski bobini, gerilim ölçümleri için ise timsah uçlu prob (krokodil) kullanılmıştır. Akım ölçümleri için Rogowski ve Pearson olmak üzere iki çeşit prob bulunmaktadır. Rogowski bobinleri tipik olarak 30 Hz ile 1 MHz arasında kullanılırken, Pearson bobinleri 25 Hz ile 10 MHz aralığında kullanılmaktadır. Bununla birlikte Rogowski bobini, Pearson'a göre daha ucuz, ancak düşük büyüklükteki harmoniklere karşı hassasiyeti düşüktür.

Ölçüm alınan lokasyon, YEDAŞ sorumluluk sahasında bulunan vinç ve kaynak makinelerinin yoğunlukta olduğu bir işletmedir. Ölçüm noktası ise Şekil 1'de gösterildiği üzere ilgili işletmenin AG panosunun ortak bağlantı noktası (Point of Common Coupling, PCC) olarak gerçekleştirilmiştir.

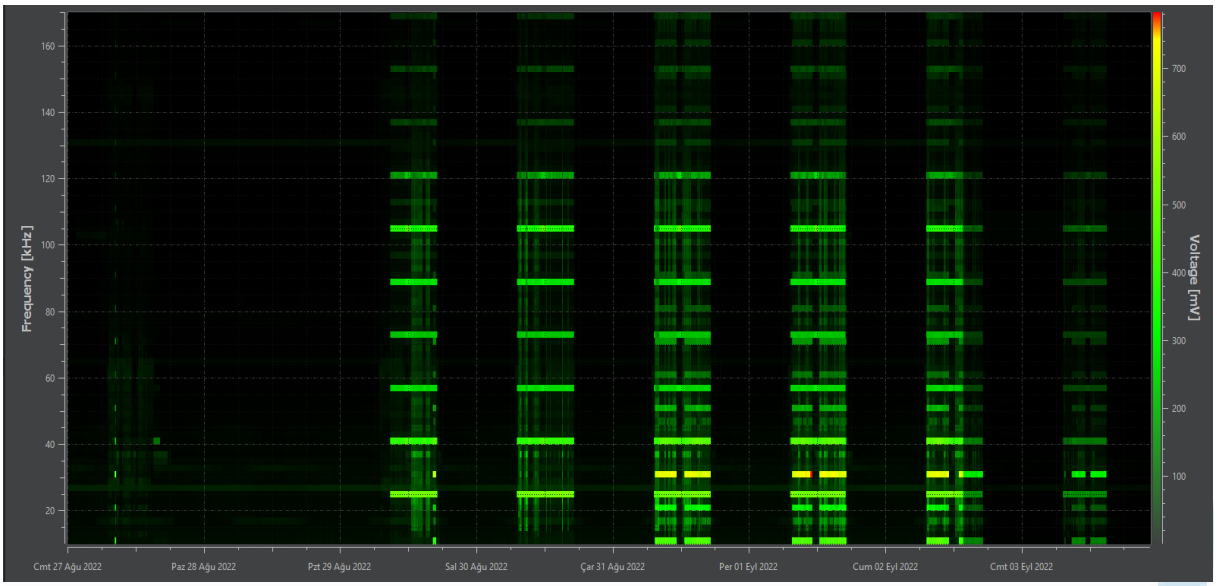


Şekil 1. Ölçüm Noktası

Saha Ölçüm Verileri ve Analizi

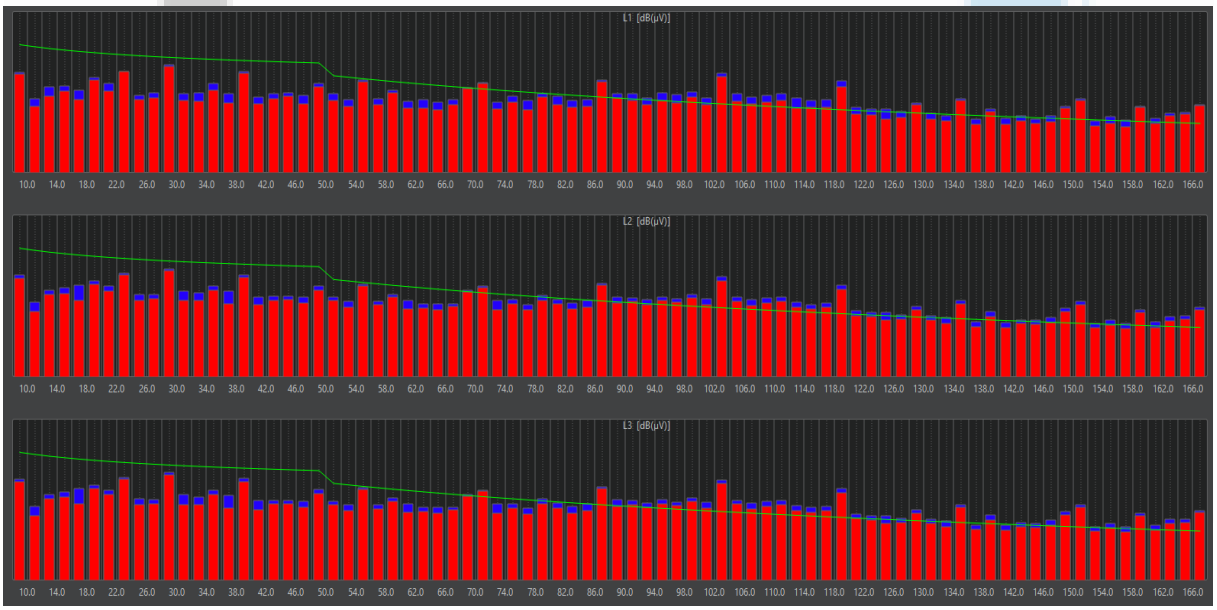
Bu bölümde 2-150 kHz frekans bandındaki emisyon ölçümü için metodoloji tanımlanmamaktadır. Ölçüm, önceki bölümde de verildiği üzere A sınıfı A-Eberle PQ-Box 300 cihazıyla IEC 61000-4-30 standardı Ek C bölümünde belirtilen IEC 61000-4-7, IEC 61000-4-19 ve CISPR 16 dokümanları kapsamında gerçekleştirilmiştir.

YEDAŞ sorumluluk sahasında vinç ve kaynak makinası uygulaması bulunan bir işletmede yapılan bir haftalık ölçümün sonucunda ortaya çıkan supraharmonik verileri renk matrisi olmak üzere Şekil 2'de verilmiştir. Hafta sonu işletme kapalı olduğundan ötürü yüksek frekanslı emisyonların oldukça yüksek oranda düştüğü, hafta içi mesai saatlerinde ise artış gösterdiği görülmektedir. Ölçüm periyodunda en yüksek görülen supraharmonik ise 30 kHz bandında 790,58 mV olduğu görülmektedir.



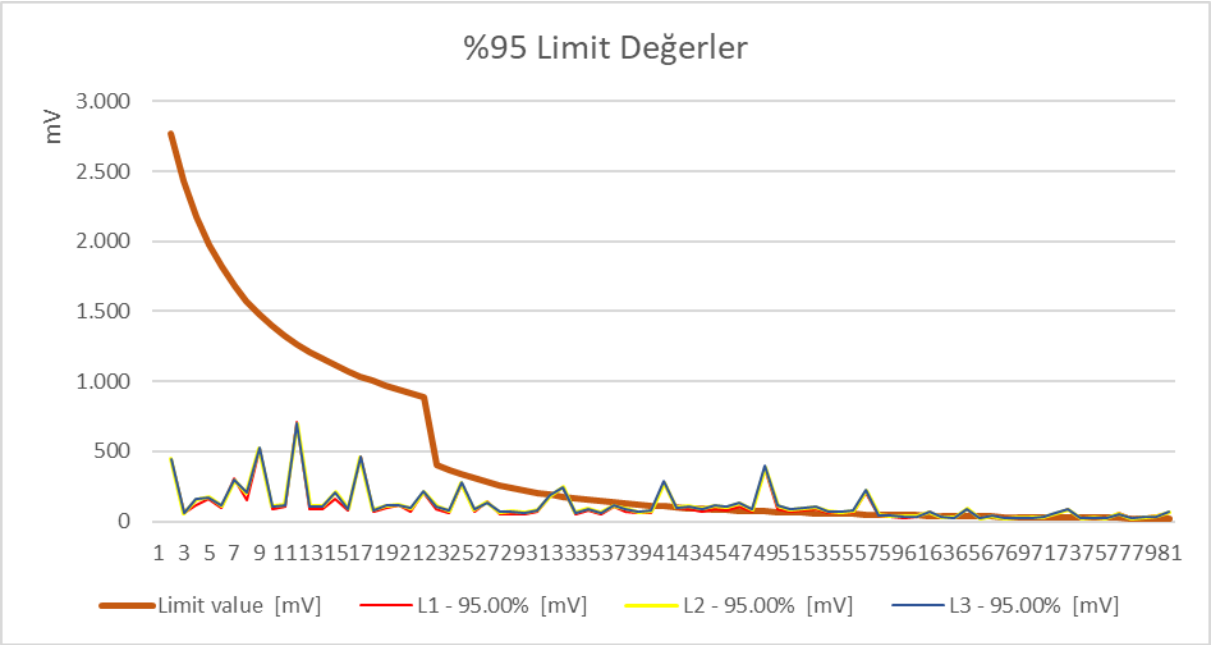
Şekil 2. Supraharmonik-Gerilim Genliği Renk Matrisi Ölçümü

Şekil 3'te gerilim harmoniklerinin dB(µV) cinsinden EN 50065 ve IEC 61000-3-8 standartlarında bahsedilen limit değerlerine göre durumları paylaşılmıştır.



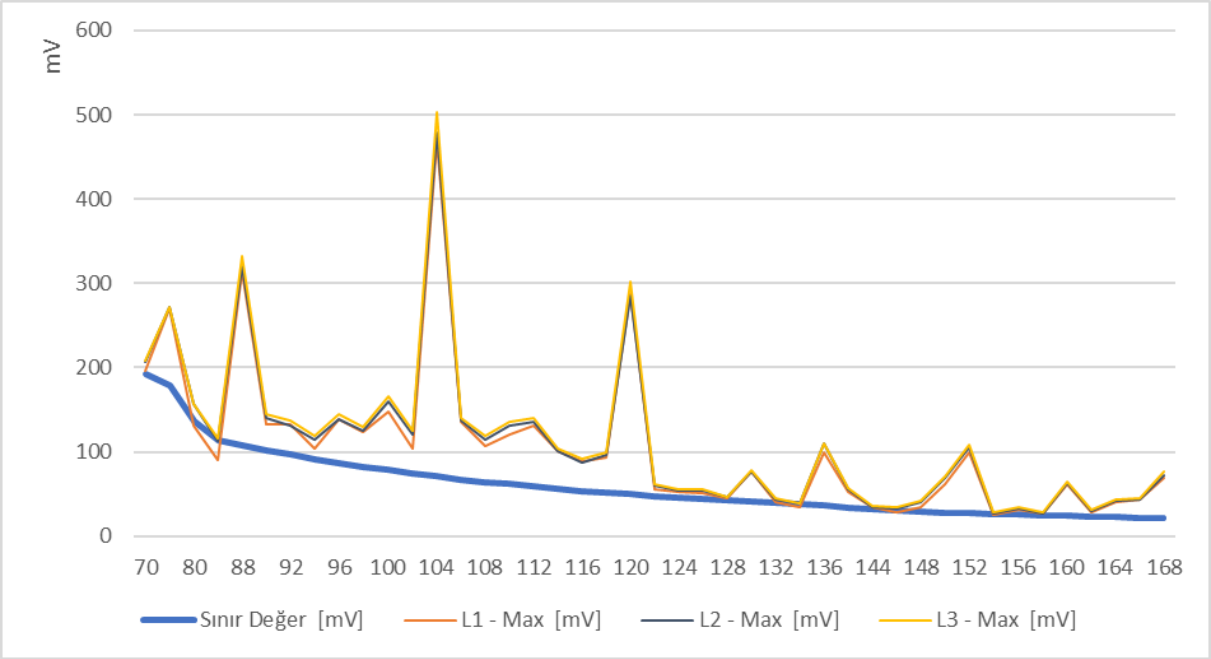
Şekil 3. Supraharmonik Frekans Bandları Limit Grafiği [dB(µV)]

Frekans bandlarındaki limit değerler ve limit değerlerin üzerinde yer alan frekans bandlarına ilişkin genlik değerleri ise Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Frekans bandlarındaki limit değerler ve limit değerlerin üzerinde yer alan frekans bandları

Yukarıda verilen şekillere istinaden en yüksek frekans emisyonu 30 kHz'te 790,58 mV olduğu, ancak sınır değeri aşmadığı görülmektedir. İlgili standartlara göre 72 kHz'e kadar sınırı aşmamaktadır. Sınırı aşan supraharmonik verileri ise Şekil 5'te yer almaktadır.



Şekil 5. Supraharmonik Limiti Aşan Frekanslar (mV)

Yukarıdaki şekillerden de görüldüğü üzere AG kullanıcıdaki vinç sürücüsünün yarattığı supraharmonik, sistemde bulunmaktadır. En yüksek supraharmonik ise 30 kHz mertebesinde, sınırın aşıldığı frekanslar ise 70 ila 168 kHz mertebelerinde yer almaktadır. Sınırın aşıldığı en yüksek supraharmonik gerilim genliği ise 104 kHz'te 503,9 mV'tur.

Sonuçlar

Türkiye'de elektrik iletim/dağıtım frekansı 50 Hz'dir. Ancak şebekeye bağlı doğrusal olmayan yükler, sahip oldukları çalışma karakteristiklerinden dolayı çeşitli frekans bantlarında akım ve gerilim oluştururlar. Yapılan çalışma doğrultusunda YEDAŞ sorumluluk sahasında A sınıfı A-Eberle PQ-Box 300 cihazıyla yapılan ölçümler incelenmiş olup bazı çıktılar oluşturulmuştur. İncelenen veriler doğrultusunda mevcut işyerinin hafta sonu açık olmamasından kaynaklı olarak yüksek frekanslı emisyonların düşük olduğu, hafta içi mesai saatlerinde ise artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Yine aynı şekilde YEDAŞ sorumluluk sahasında vinç ve kaynak makinalarının kullanımından dolayı frekans bantlarındaki limit değerlerinin üzerinde yer alan frekans bantlarına ilişkin genlikler oluştuğu gözlemlenmiştir.

Kaynakça

[1] Alexander, Novitskiy., Steffen, Schlegel., Dirk, Westermann., et al." Measurements and Analysis of Supraharmonic Influences in a MV/LV Network Containing Renewable Energy Sources" IEEE Electric Power Quality and Supply Reliability Conference, PQ, 2019

[2] A Espin-Delgado., Rönnberg, S., et al "Assesment Of Grid Impedance Impact On Supraharmonic Propagation" CIRED 2021 – The 26th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, 2022

[3] Bollen, Math, et al. "Standards for supraharmonics (2 to 150 kHz)." IEEE Electromagnetic Compatibility Magazine 3.1 (2014): 114-119.

[4] Rönnberg, Sarah K., et al. "On waveform distortion in the frequency range of 2 kHz–150 kHz—Review and research challenges." Electric Power Systems Research 150 (2017): 1-10.

[5] Alfalahi, Saad TY, et al. Supraharmonics in power grid: Identification, standards, and measurement techniques. IEEE Access, 2021.

[6] Hernández, J. C., et al. "Guidelines for the technical assessment of harmonic, flicker and unbalance emission limits for PV-distributed generation." Electric Power Systems Research 81.7 (2011): 1247-1257.

[7] Anders Larsson. On High-Frequency Distortion in Low-Voltage Power Systems. Lulea University of Technology, 2011.

[8] Sarah Rönnberg. Emission and interaction from domestic installations in the low voltage electricity network, up to 150 kHz. Lulea University of Technology, Lulea, 2013. ISBN 978-91-7439-800-7.

[9] Clayton Paul. Introduction to electromagnetic compatibility. Wiley-Interscience, Hoboken, N.J, 2006. ISBN 978-0-471-75500-5.

[10] Math Bollen, Jan Meyer, Hortensia Amaris, Ana Maria Blanco, Aurora Gil de Castro, Jan Desmet, Matthias Klatt, Lukasz Kocewiak, Sarah Rönnberg, and Kai Yang. Future work on harmonics - some expert opinions part i - wind and solar power. In 2014 16th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP). IEEE, May 2014. doi: 10.1109/ichqp.2014.6842870.

[11] Rönnberg, S.K.; Castro, A.G.; Bollen, M.H.J.; Moreno-Munoz, A.; Romero-Cadaval, E. Supraharmonics from power electronics converters. In Proceedings of the 9th International Conference on Compatibility and Power Electronics (CPE), Costa da Caparica, Lisbon, Portugal, 24–26 June 2015; pp. 539–544.

[12] Paulsson, Lars, et al. "High-frequency impacts in a converter-based back-to-back tie; the Eagle Pass installation." IEEE Transactions on Power Delivery 18.4 (2003): 1410-1415.

[13] Bengtsson, T.; Dijkhuizen, F.; Ming, L.; Sahlen, F.; Liljestrand, L.; Bormann, D.; Papazyan, R.; Dahlgren, M. Repetitive fast voltage stresses-causes and effects. IEEE Electr. Insul. Mag. 2009, 25, 26-39.

[14] A. Novitskiy, S. Schlegel, D. Westermann, Estimation of Power Losses Caused by Supraharmonics, Kärdla, Estonia, 2020, pp. 1-4.

[15] Ángela Espín-Delgado, Sarah Rönnberg, Shimi Sudha Letha, Math Bollen, Diagnosis of supraharmonics-related problems based on the effects on electrical equipment, Electric Power Systems Research, Volume 195, 2021, 107179, ISSN 0378-7796, https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107179.

[16] M. Knenicky, R. Prochazka, J. Hlavacek, O. Sefl, Impact of high-frequency voltage distortion emitted by large photovoltaic power plant on medium voltage cable systems, IEEE Trans. Power Del. (2020) 1–9, https://doi.org/10.1109/ TPWRD.2020.3016952.

[17] H. Kirkeby, V. Bøe, K. Hartvigsen, K. Sagen, Charging problems in EV paradise. Proceedings of the 25th International Conference on Electricity Distribution (CIRED), 2019, https://doi.org/10.34890/684.

[18] H. Kirkeby, M. Lillebo, EMC-problemer i smarte hus og mikronett. Technical Report, EMC-nett, 2019.

[19] Rönnberg, S. K., A. Gil-De-Castro, and R. Medina-Gracia. "Supraharmonics in European and North American low-voltage networks." 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe). IEEE, 2018.

Presentation ID / Sunum No: 25

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-0722-5988

Elektrik Dağıtım Şebekesinde Yaşanan Gerilim Olaylarının Elektrik Ekipmanları Üzerine Teknik ve Ekonomik Etkileri

Araştırmacı Kerim Kaya[1], Araştırmacı Mutlu Bektaş[1]
[1]Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş.

**Corresponding Author: Kerim Kaya*

Özet: *Afrika kıtası gibi Dünyanın birçok bölgesinde elektrik şebekesinde düşük güç kalitesi mevcuttur. Özellikle bu düşük güç kalitesi birçok ekipmanın bozulmasına sebebiyet vermekle birlikte göz ardı edilen ekonomik anlamda etkileri büyüktür. Burada pahalı elektronik komponentlerin yanması, sürücü devreleri ve ölçü devrelerinin arızalanması vb. gibi birçok arıza durumları yaratmaktadır. Ülkemizde Elektrik Dağıtım Sisteminin teknik kalitesine ilişkin usul ve esaslar kapsamında güç kalitesi takip edilmektedir. Bu çalışmada dağıtım şebekesinde yaşanan gerilim olaylarının ölçü devrelerine, elektronik komponentlere, ölçü cihazlarına, röle vb. koruma ekipmanlarına verdiği teknik ve ekonomik zararlar incelenmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Gerilim Düşmesi, Gerilim Yükselmesi, Olay Kaydı, Teknik Kalite*

Technical and Economic Effects of Voltage Events in the Electricity Distribution Network On Electrical Equipment

Abstract*: In many regions of the world, such as Africa and Nigeria, low power quality is present in the electricity grid. In particular, this low power quality causes many equipment Decays, but the economic effects that are ignored are great. Here there are cases of burning of expensive electronic components, malfunctions of drive circuits and metering circuits, etc. which creates many fault situations such as. In our country, power quality is monitored within the scope of the procedures and principles related to the technical quality of the Electricity Distribution System. In this study, the voltage events experienced in the distribution network, measurement circuits, electronic components, measuring devices, relays, etc. the technical and economic damages caused to the protection equipment were examined.*

Keywords: *Voltage Drop, Voltage Rise, Event Recording, Technical Quality*

GİRİŞ

Elektrik çoğu insan için olmazsa olmaz bir enerji kaynağıdır. Tüketici profillerine bakınca hastaneler, önemli üretim bantları, önemli işletmeler, fabrikalar, acil durum yerleri gibi birçok yerde elektrik oldukça önem arz etmektedir[1]. Önemli bir yere sahip olan elektriğin endüstride ve birçok alanda bir sorun oluşturmadığı suretçe kalitesine pek önem verilmez. Ama birçok tesis de bir sorun ortaya çıkmaması için yüksek kalitede olması gerekir. Özellikle gerilim üzerine olan parametreleri EN50160 ve IEC-61000-4-30 standartlarına uygun olması istenir. Burada sag-swell ve geçici dalgalanmalara tolerans tanınmamalıdır. Bu çalışmada özellikle dağıtım şebekesinde geçici arızaların ölçü devrelerinde, ölçü cihazlarında ve elektronik komponentlerde oluşturduğu zararlar sonucu yaşanan teknik işletme sorunları ve maddi kayıplar üzerine bir inceleme yapılmıştır. Ayrıca güç kalitesi açısından sorun olan bir noktada yapılan çalışmalar sonucu güç kalitesi sorunun ortadan kaldığı görülmüştür[2][3][4].

MATERYAL VE YÖNTEM

Güç Kalitesini Önemi ve Güç Kalitesi Parametreleri

Özellikle enerji kalitesi sorunlarından dolayı bozulan veya hatalı çalışan cihazların artması, aydınlatma kırpışmaları, mikroişlemci-yarı iletken kontrollü cihazların enerji hassasiyetlerin artması, Tüketicilerin daha bilinçli hale gelmesi ve taleplerin yükseltmesi gibi nedenlerden dolayı güç kalitesi önem arz etmektedir. Burada güç kalitesinde enerjinin sürekliliği, gerilim-sıklığının sabitliği, faz gerilimlerinin dengeli olması ve gürültülerin sınırlar dahilinde olması istenir[5][6].

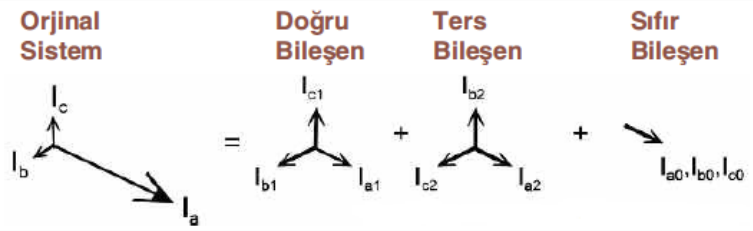
Güç Kalitesi Parametleri

Gerilim Düşmesi: Gerilimin bir tam dalgadan daha uzun bir süre %90'den daha düşük bir değere düşmesidir. Nedeni şebeke yetersizliği, aşırı yüklenme, büyük motorların yol alması ve kısa devreleridir.

Gerilim Yükselmesi: Gerilimin bir tam dalgadan daha uzun bir süre %110'dan daha büyük bir değere çıkmasıdır. Nedeni yük azalması ve şebekedeki ayar zayıflığıdır.

AG seviyesi için 208V-254V arası kabul edilebilir seviyedir. OG seviyesi için 16368V-20005V (16kv-20kv) arası kabul edilebilir seviyedir[7].

Gerilim Dengesizliği: Ölçüm periyodu boyunca ölçülen gerilim negatif bileşeni etkin değerlerinin 10'ar dakikalık ortalamalarının en az %95'inin pozitif bileşenlere oranı en fazla % 2 olmalıdır[7].

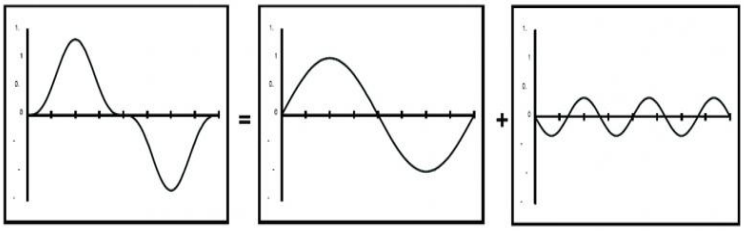


Şekil 2: Gerilim Dengesizliği Parametreleri

Harmonik: Doğrusal olmayan yükler veya gerilim dalga şekli ideal olmayan jeneratörlerden dolayı bozulmaya uğramış bir alternatif akım veya gerilimde, ana bileşen frekansının tam katları frekanslarda oluşan sinüsoidal bileşenlerin her biri.

Toplam Talep Bozulumu (TTB): Akım harmonik bileşenlerinin etkin değerlerinin kareleri toplamının karekökünün, maksimum yük akımına (IL) oranı olan ve dalga şeklindeki bozulmayı yüzde olarak ifade eden ve aşağıdaki formül uyarınca hesaplanan değerdir.

$$TTB = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} (I_h)^2}}{I_L} x100 \qquad \textbf{(2.1)}$$



Şekil 3: Harmonik Bozunum

Fliker: Yükteki dalgalanmalar nedeniyle ortaya çıkan ve aydınlatma armatürlerinde kırpışmaya yol açan 50 Hz altındaki gerilim salınımlarıdır.

BULGULAR

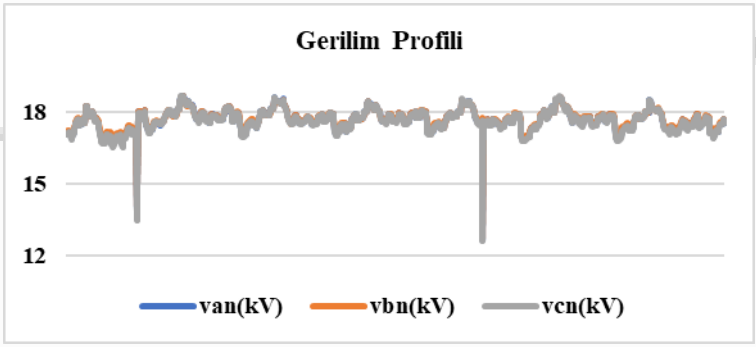
Dağıtım şebekesinde meydana gelen aşırı gerilimler pararafudr patlamaları, aşırı kısa devre akımlarının oluşması ve devre kesicilerinin arızalanmasına vb. sebep olarak enerji dağıtım operasyonlarının engellenmesi, SAIDI/SAIFI/ODE değerlerinin yükselmesi neden olmaktadır. Ayrıca dağıtım şebekesi açısından oldukça önemle takip edilen birçok bozulmalara sebebiyet vermektedir. Aşağıda ilgili noktalara değinilmiştir.

Sekonder devrelerde kullanılan röle, modem, RTU gibi kontrol/haberleşme donanımlarının arızalanması

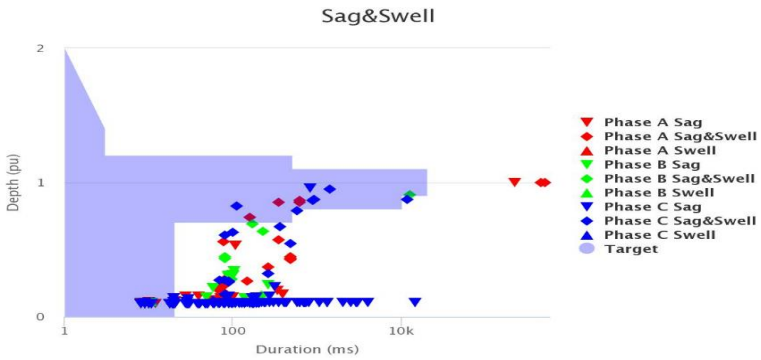
Güç kalite cihazları, otomatik sayaç okuma sistemleri, redresör vb. pahalı teçhizatların hasar görmesi

Magnetik çekirdekli malzemelerin içindeki magnetik akının artmasıyla (trafo ve şönt reaktörler gibi), trafo sargılarında ve çekirdeğindeki teçhizatın zarar görmesi

Dağıtım sistemlerinde arızaların temel kaynaklarından biride izolasyon seviyelerinden kaynaklanmaktadır. İzolasyon seviyesinin düşük olmasından kaynaklı delinme ve atlama gibi deşarj olayları meydana gelmektedir. Bu nedenle özellikle izolasyon seviyelerine dikkat edilerek koruma cihazların seçilmesi ayrıca önem arz etmektedir. Yapılan bu çalışmada iki ölçüm noktasında hasar gören cihazlar üzerine inceleme yapılmış olup özellikle etkin gerilim düşümü, gerilim çökmesi, izolasyon problemi ve etkin gerilim yükselmesi problemlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir.Birinci ölçüm noktasında AG kullanıcıda yaşanan hasardan kaynaklı inceleme yapılmış olup gerilim düşümü ve gerilim çökmesi tespiti yapılmıştır. Özellikle besleme güzergahı üzerinde hücre kısmi desarjları kontrol edilmiş ve termal kamera ile incelemelerde bulunulmuştur.



Şekil 4. Birinci Ölçüm Noktası-V(kV) / t (dk)



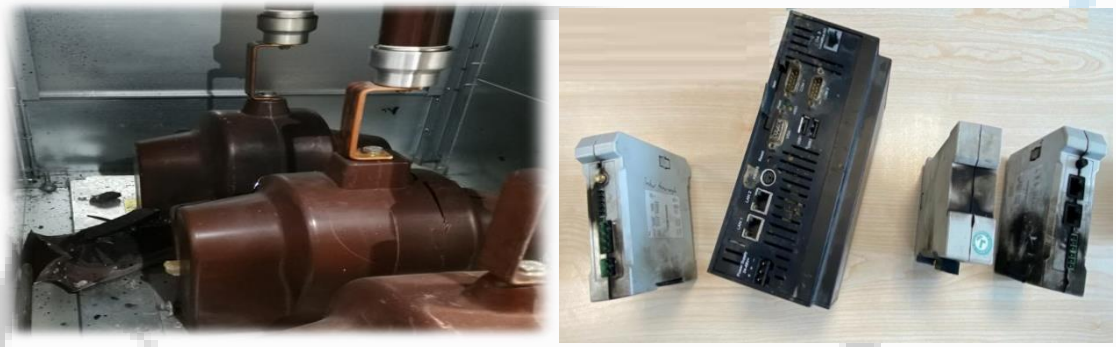
Şekil 5. Birinci Ölçüm Noktası-ITIC İnceleme

Kısmi deşarj ve Termal Kamera ile tespiti yapılan kabin içerisindeki topraklama aparatlarındaki yıpranma ve gevşemeler giderilmiş olup olası ark oluşumları önlenmiş ve izolasyon seviyesi artırılmıştır. Yapılan çalışma ile izolasyon seviyesi artırılmış olup olası daha başka yaşanabilecek teknik ve ekonomik anlamda kayıplar ortadan kaldırılmıştır.

İkinci ölçüm noktasında şebekede yaşanan cihaz yanmaları patlamaları üzerine inceleme yapılmış olup hem teknik hem de ekonomik açıdan ortaya çıkan maliyet kalemleri incelenmiştir.



Şekil 6. Parafudr arızası- Güç Kalite Cihaz Arızası

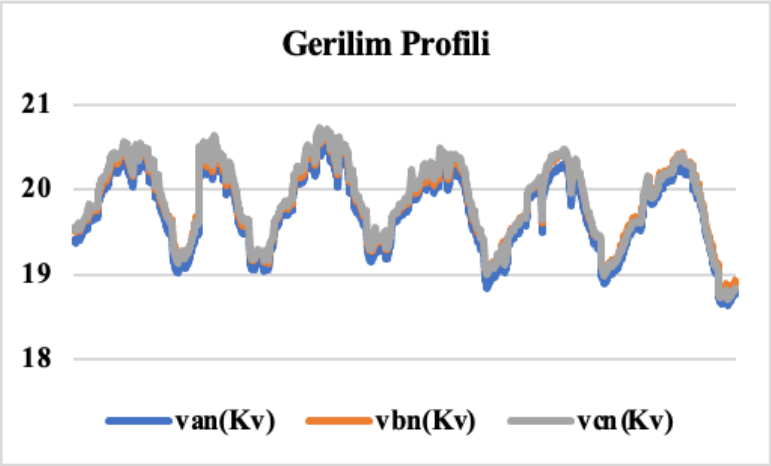


Şekil 7: Ölçü Gerilim Trafosu Patlaması- RTU gibi kontrol üniteleri arızası

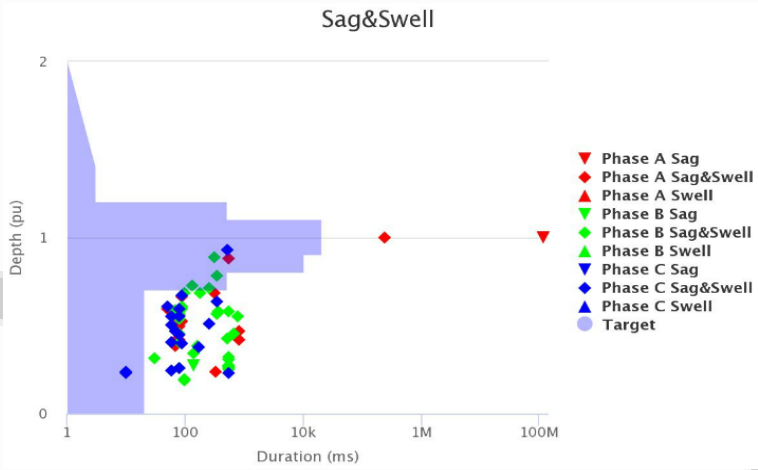
Çizelge 1: Yaklaşık Maliyet

Cihaz Maliyetleri (Yaklaşık Birim-$)	
Güç Kalite Cihazı A Serisi	$5.000
Güç Kalite Cihazı B Serisi	$7.000
RTU vb.	$350
RÖLE	$2.000
Gerilim Transformatörleri	$450
Yedek Parça (Modem-Power Supply)	$200

Şekil 6-7 gösterildiği gibi elektrik dağıtım şebekesinde sıkça rastlanan aşırı gerilim olayları ve gerilim yükselmesi birçok cihaz yanmalarına sebebiyet vermektedir. Bu arızaların Çizelge 1'de yaklaşık olarak maliyetleri verilmektedir. Yaşanan bu hasar sonucu yapılan incelemelerde gerilim yükselmesi tespiti yapılmıştır.



Şekil 8. İkinci Ölçüm Noktası-V(kV) / t (dk)



Şekil 9. İkinci Ölçüm Noktası-ITIC İnceleme

Çizelge 2: OG Gerilim Limit Değerleri

ALT-ÜST LİMİT	
OG	*16368V--20005V*

Özellikle anlık gerilim yükselmeleri güç kalitesi ve RTU gibi pahalı ekipman arızalarına sebebiyet vermekle birlikte hem dağıtım şebekesine hemde tüketici tarafına çok ciddi arızalara sebebiyet vermektedir. Yaptığımız çalışmada hem dağıtım sistemlerinde geçiçi gerilim olaylarının oluşturduğu maliyet kalemlerine hem de teknik açıdan ne gibi sorunlar çıkardığı ve tespiti üzerine incelemelerde bulunulmuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektrik dağıtım şebekesinde meydana gelen gerilim düşümü ve anlık gerilim yükselmeleri başta olmak üzere anlık geçici rejim olayları çok ciddi teknik ve ekonomik hasarlara sebebiyet vermektedir. Hasara ilişkin analiz yapıldığında sadece malzemelerin değişim maliyetinin 15.000$ maliyette ulaştığı, malzeme değişimi için işçilik, ulaşım ve dağıtılamayan enerji kaynaklı maliyetler düşünüldüğünde elektrik şebekesinde yer alan binlerce cihazın dağıtım sistem operatörü olan elektrik dağıtım şirketlerine ciddi hasar bedellerine yol açtığı görülmektedir. Yine güç kalitesi parametrelerinde anlık değişim ile aralıklı değişimler incelendiğinde ise değişim oranına bağlı olmak üzere anlık yükselen parametrelerin ve özellikle gerilimin anlık yükselmesi cihazların güç katmanına zarar vermekte ve anlık yükselmelerin cihaza uzun süre maruz kalması ile işlemci-elektronik devrelerin de zararlara uğradığı görülmüştür. Cihazlarda oluşan herhangi bir arıza elektrik kesintisine yol açmaktadır. Bu kesintiler genellikle anlık

gerçekleştiğinden müşterilere bildirim yapılmadan kesinti oluşmaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından bildirimli ve bildirimsiz kesintiler takip edilmekte olup elektrik dağıtım şirketlerinin elektrik kesiti süresi ve kesintiden etkilenen müşteri sayısı endekslerini kontrol altında tutmaları gerekmektedir. Bildirimli ve bildirimsiz kesintiler EPDK Elektrik Piyasası Yıllık Sektör Raporunda paylaşmaktadır. Dolayısıyla dağıtım şebekesinde güç kalitesi ve enerji sürekliliği sağlamak büyük bir öneme sahiptir.

Güç kalitesinin ekonomik etkisi göz ardı edilemeyecek seviyededir. Avrupa birliği ülkelerinde yapılan bir araştırmada, güç kalitesi problemlerinin endüstride ve ticari alanlarda meydana getirdiği zararın yılda 10 Milyar Euro olduğu tahmin edilmektedir. Güç kalite problemlerinin giderilmesi için yapılan harcamalar ise tahminen bu rakamın % 5 i civarındadır[8].

Türkiye elektrik şebekesinde güç kalite problemlerinin yaşanmaması amacıyla elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için elektrik dağıtım şirketlerine uygulama döneminde gerçekleştirecekleri bakım yönetmeliği mevcuttur. Bakım faaliyetleri sırasında işçilik, malzeme kalitesi ve ölçümler yeterli yapılırsa elektrik şebekesinde problemlere daha az rastlanılmaktadır.

Bu çalışma sonucunda da görüldüğü üzere elektrik enerjisinin şebekede en uç birimlere sürekli-kesintisiz ve kaliteli olarak dağıtılması gerektiği hem müşteri memnuniyeti açısından hem de şebeke envanterlerinin korunması açısından önem arz etmektedir. Düzenli optimum bakım faaliyetleri ile ortaya çıkabilecek maliyetler azaltılacaktır. Yapılan pilot çalışmada hasar sonucunda sadece malzeme değişim maliyeti olan 15.000$ ile öngörücü bakım yatırımları yapılarak anlık gerilim problemleri ve geçici rejim olayların önlendiği görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Yapılan bu çalışma ile şebekede yaşanan gerilim düşümü ve gerilim yükselmesi gibi anlık geçici rejim olaylarının nasıl incelenmesi gerektiği üzerine farkındalık oluşmuş olup inceleme sonucu şebeke operasyonlarının ve bakım faaliyetlerinin daha optimize şekilde gerçekleştirmemizi sağlamaktadır. Buna ek olarak çalışmadaki desteklerinden dolayı Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş. (YEDAŞ)'a ve çalışanlarına ayrıca Elektrik Dağıtım Sisteminin Teknik Kalitesine İlişkin Usul ve Esasların yayınlanmasında emeği geçen Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'a ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

[1] A. Cetin, C. Ozen, A. Bayatmakoo, K. Kaya, and G. Poyrazoglu, "A Pilot Project for Power Quality Improvements in Distribution System by a Li-ion Battery," 3rd Int. Conf. Smart Grid Renew. Energy, SGRE 2022 - Proc., 2022, doi: 10.1109/SGRE53517.2022.9774167.

[2] W. Are et al., "Electrical Power Systems Quality , Second Edition".

[3] B. K. Johnson, "Voltage collapse and maximum power transfer analyzed using current vs. voltage plots," Jt. Int. Power Conf. "Athens Power Tech" Planning, Oper. Control Today''s Electr. Power Syst. APT 1993 - Proc., vol. 1, pp. 344–350, 1993, doi: 10.1109/APT.1993.686897.

[4] E. Enerjisine, "ENERJİ KALİTESİ NEDEN ÖNEMLİ ?".

[5] T. Alzahawi, M. S. Sachdev, and G. Ramakrishna, "Time to voltage collapse dependence of load shedding to avoid voltage collapse," 2017 IEEE Electr. Power Energy Conf. EPEC 2017, vol. 2017-October, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/EPEC.2017.8286195.

[6] V. Collapse, "Voltage collapse and its avoidance: Dr Nigel T Hawkins," IEE Colloq., no. 101, 1997.

[7] "teknik kalite usul ve esaslar."

[8] Ö. İ. Ve and D. E. Ğ. E. İ. R. İ. Lmes, "Güç kali tesi parametrelerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi," 2008.

Presentation ID / Sunum No: 56

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: Mutlu BEKTAŞ: 0000-0002-9930-1916

Dağıtım Transformatörlerinde Sezonluk Yük Değişimlerinin ve Bu Yük Değişimlerinin Meydana Getirdiği Zorlukların İncelenmesi

Araştırmacı Mutlu Bektaş[1], Araştırmacı Tuba Buğdaycı Avşar[1], Araştırmacı Oğuz Kaan Atar[1], Araştırmacı Büşra Büyükbaş[1], Araştırmacı İlker Bektaş[2]

[1]Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş.

[2]Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği

*Corresponding author: Mutlu Bektaş

Özet: *Değişen ve gelişmekte olan enerji arzına bağlı olarak, elektrik dağıtım şebekesinde arıza, kesinti ve teknik kayıplar artmaktadır. Dağıtım transformatörlerinde kapasite belirlenirken dikkate alınan kriterler, yönetmelik ve kullanıcı profilleri teknoloji ile beraber dağıtım transformatörlerinde aşırı yüklenme veya transformatörlerin boşta çalıştığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile farklı bölgelerde, gün içinde değişen enerji talebinin gün içinde aktif geçirilen saat ile bağdaştığı, tarım bölgelerinde yılın yaz aylarında iş yoğunluğu artmasına bağlı olarak 8-9 ay normal seviyelerdeyken geriye kalan 3-4 ayda enerji talebinde artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Yük dengesizliği durumu transformatörlerde çalışma ömrünü, verimini, sağlıklı çalışıp-çalışmamasını ve en önemlisi talep tarafının kesintilerden etkilenmesine neden olmaktadır. Çalışmada transformatörlerin kapasitesinin nasıl belirlendiği ve sezonluk yük dengesizliğine bağlı olarak şebekede hangi önlemler alınabileceğinden bahsedilmektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Enerji Talep-Yük, Transformatör, Nüfus, Yöntemler*

Investigation of Seasonal Load Changes in Distribution Transformers and the Challenges Caused by These Load Changes

Abstract*: Depending on the changing and developing energy supply, breakdowns, interruptions and technical losses increase in the electricity distribution network. It has been observed that the criteria taken into account while determining the capacity in distribution transformers, regulations and user profiles, together with technology, are overloaded in distribution transformers or that the transformers are idle. In this study, it has been determined that in different regions, the changing energy demand during the day is compatible with the active hour during the day, while in the agricultural regions, due to the increase in work intensity in the summer months of the year, there is an increase in the energy demand in the remaining 3-4 months while it is at normal levels for 8-9 months. The load imbalance situation causes the working life, efficiency, healthy operation and most importantly, the demand side to be affected by the interruptions in transformers. In the study, it is mentioned how the capacity of transformers is determined and what measures can be taken in the network depending on the seasonal load imbalance.*

Keywords: *Energy, Demand-Load, Transformer, Population, Methods*

Giriş

Teknolojik aletlerin yaygınlaşması ile beraber elektrik enerjisi, günümüzde en temel ihtiyaçlarımızdan biri haline gelmiştir. Gelişen teknolojiler, ortamdaki elektrik – elektronik ekipmanlar ve nüfus artışı gibi etkenlere dayanarak enerji talebinde ciddi artışlar meydana gelmektedir. Bu enerji ihtiyacına göre enerji talebi; saatlik, günlük, aylık, mevsimsel dönem olarak farklılık göstermektedir [1]. Özellikle yaz aylarında turizm ve tarım bölgelerinde; nüfus sayısında artış, bakım ve üretim ihtiyaçlarının artması gibi

nedenlerle enerji tüketiminde farklılıklar görülmektedir[2]. Bu gerekçeler doğrultusunda enerji tüketimiyle doğru orantılı olarak da enerji talebine ihtiyaç duyulur.

Yayla bölgelerinde, imara yeni açılan ve henüz yerleşim yerlerinin tam olarak tamamlanmadığı bölgelerde ya da yazlıkların yoğun olduğu, turizmin fazla olduğu bölgelerde enerji ihtiyacı yılın 8-9 ayı normal seviyelerdeyken kalan aylarda ise yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Bu tüketim doğrultusunda ilgili bölgedeki transformatörlerin mevcut güçleri yılın 3-4 ayında yetersiz kalmaktadır. Nitekim her geçen yıl nüfusun artması ve teknolojinin de gelişmesiyle birlikte talep edilen enerji de artmaktadır.

Yüksek enerji kullanımı oluşan aylarda ihtiyaç duyulan enerji talebinin karşılanması için elektrik dağıtım firmalarının kullandıkları bazı yöntemler mevcuttur [3]. Bu yöntemler bölgelere göre değişiklik göstermektedir.

Transformatör Kapasitelerinin Belirlenmesi

Transformatörler, ilgili bölgelere tesis edilmeden önce o bölgede mevcut duruma ilişkin veri analizi yapılır. Yapılan şebeke projesi çalışmaları doğrultusunda bölgenin toplam enerji talebi baz alınarak bölgeye uygun güçte bir transformatör kurulur [4]. Örneğin direk tipi transformatörler; her mahalle girişinde, köylerde ya da bir tesisi beslemek için kullanılır. Direk tipi transformatörler bölgelerin talep ettikleri güce göre 50, 100, 160, 250 ve 400 kVA'a kadar imal edildiği gibi özel üretim transformatörler de imal edilebilir. (Şekil 1.)



Şekil 1. Direk Tipi Transformatör

Yerleşim Birimi Yıllık Güç İhtiyaçlarının Tespiti

Yük tahmini çeşitli yollarla yapılabilir. Şehrin nüfus artış değeri, elektrik tüketim değeri, imardaki bina ve kat adetlerine ve tüketim özelliklerine göre yük tahmini yapılabilir.

I.Yöntem: Yerleşim biriminin geçmiş yıllara ait puant güçlerinden ve ($y = y_0.e^{mx}$) logaritmik formülünden yararlanılarak 5-10-15-20 yıllık güç ihtiyaçları bulunur.

Bu formülde;

y = Hesaplanan yıla ait güç (kW)
y_0 = Geçmiş yıla ait yük (kW)
e = Tabii logaritmik tabanı
x = Yıl
m = Yıllara ait yüke göre bulunan parametre
. = Çarpan sembolü

II.Yöntem: Yine geçmiş yıllara ait nüfuslardan faydalanılarak aynı yöntemle ($s = s_0.e^{mx}$) logaritmik formülü ile yerleşim biriminin 5-10-15-20 yıllık nüfusu bulunur. Buna kişi başına alınacak Watt ile (100 Watt'tan aşağı olmayacaktır.) çarpılarak yerleşim biriminin abone gücü ihtiyacı bulunur. Buna mevcut sanayi ve muhtemel sanayi güçleri ile sokak aydınlatma güçleri de eklenerek yerleşim biriminin o yılki toplam güç ihtiyacı bulunur.

s = Hesaplanan yıla göre nüfus
s_0 = Geçmiş yıla ait nüfus
e = Tabii logaritma tabanı
x = İki sayım arasında bulunan yıl
m = İki sayım arasında meydana gelen nüfus artış oranı
. = Çarpan sembolü

Yerleşim biriminin ilerideki yıllara ait güç ihtiyaçlarının ve nüfus tespiti için başlıca iki yöntem kullanılır. Bu yöntemler "Dağıtım Şebekeleri Proje Hazırlama Elektrik Mühendisleri Odası (EMO)" kitabından alınmıştır.

Türkiye'de Uygulanan Standart Transformatör Güç Hesabı

Alçak Gerilim (AG) şebekesini oluşturan hatlar, farklı yayılı yük değerlerine sahip olabilirler. Kol boyunca tespit edilen yayılı yük değerleri ve hat uzunlukları ayrı ayrı bulunur. (Dağıtım Şebekeleri EMO Kitabından Alınmıştır)

Yayılı yük (w/m) x uzunluk (metre) = abone gücü (Watt).

Her koldaki sanayi toplu yük değerleri ayrıca değerlendirilir.

Her koldaki sokak aydınlatma gücü bulunur.

Bütün güçlerin toplamına şebeke kaybı olarak %10 ilave güç eklenerek koldaki aktif güç bulunur.

I.Yöntem: Enerji analizörleriyle AG panosunun kol çıkışlarında ve apartmanlarda yapılan ölçümler neticesine göre w / kişi, daha sonra imar planında belirtilen kat adedi ve daire sayısına göre yayılı yük "J" (w/m) ler hesap edilir. Abone güçleri, tespit edilen yayılı yük "J" (w/m) ile kol uzunluklarının çarpımı ile bulunur.

II.Yöntem: Bu yöntem genellikle köy karakterinden kurtulmuş yeni belde olan yerler ile küçük illerde kullanılır. J güç yoğunluğu (w/m) tespiti için beldenin bugünkü nüfusu (son resmi nüfus sayımı) esas alınarak ve nüfus başına 100 Wattan aşağı olmamak üzere beldenin durumuna göre tespit edilen nüfus başına Watt, nüfus ile çarpılarak toplam abone gücü ihtiyacı bulunur. Bu güç mevcut şebeke uzunluğuna bölünmek suretiyle "J" (w/m) değeri bulunur, şebeke uzunluğunda (k) tüketim katsayısı da dikkate alınmalıdır.

Yayılı yük J (w/m) hesapları denklem 1;

$$J = \frac{Nab \; x \; 1.1}{(k1 \; x \; L1)+(k2 \; x \; L2)+(k3 \; x \; L3)} \qquad \text{……..(1)}$$

formülüne göre yapılır. Bu formülde;

J = W/m = Bu metre başına düşen güç değeri (Güç yoğunluğu, yayılı yük)

Nab = Son nüfus sayımına göre abone gücü ihtiyacı.

L1 – L2 – L3 – Sosyo ekonomik (Gelişmişlik) durumuna göre tespit edilen şebeke uzunlukları

1,1 = % Şebeke kaybı

k = Tüketim katsayısı (Bu değer % 100 - %75 - %50 alınabilir.)

w = Uzanan hatların her bir metresine yayılmış olduğu kabul edilen güç değeri

m = metre

x = Çarpan sembolü

Hesap neticesine göre;

J1 = J x k1

J2 = J x k2

J3 = J x k3 hesaplanır.

NEC Standartına Göre Dağıtım Transformatörü Gücü Belirleme Yöntemi

Dağıtım transformatörlerine gelen toplam güç değeri ya trafoya gelen belirli güç değerlerini hesaplayarak veya toplam güç değerini alıp bu değerin belirli bir kısmını hesaplayarak belirlenebilir. Kış ve yaz mevsimlerindeki talep faktörleri bu mevsimlerdeki en büyük gücün kurulu güçlerine oranı olarak hesaplanabilir [12][13]. Transformatöre gelen gerçek güç değerini bulabilmek için denklem 2 'deki formülden yararlanılır.

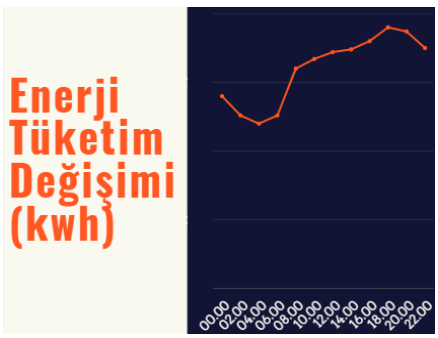
$$STR = \frac{N.P.TF.TFe.Iyp}{cos\phi} \qquad \text{.....(2)}$$

STR= Transformatöre gelen talep güç (kVA)
N = Transformatörden beslenecek konut sayısı
P = Konutun kurulu gücü (kW)
TF = Konut sayısına bağlı talep faktörü
(Konut sayısına bağlı olarak sokak aydınlatma gücü 0- 3000 volt-amper (VA) değerinde ise talep faktörü =1)
(3001- 120.000 arası ise talep faktörü = 0.35)
(120.000 üzerinde ise talep faktörü = 0.25)
TFe = Konut cinsine bağlı talep düzeltme faktörü (konut cinsine göre talep edilen güçte değişiklik olursa faktördeki katsayı ona uygun değiştirilir)
Iyp = Yük profili
Cosϕ= Güç katsayısı (0.85)

Denklem 2'de talep faktörü değerleri Amerika Birleşik Devletleri'nde bölgesel olarak kabul edilen National Electrical Code (NEC) standartlarından alınmıştır. Talep düzeltme faktörü içerisine birçok değişkeni almaktadır. Örnek olarak konut bölgelerinden beslenen bütün aboneler eşit alana veya aynı kurulu güce sahip değildirler. Konut bölgelerinde ayrıca transformatörün kayıplarını hesaplayabilmek ve yüklenmesini belirlemek için yük profilleri oluşturulmalıdır.

Enerji Tüketim Değişiminin Saatlik Dilime Göre İncelenmesi

Rastgele bir ev/bölge/arazide günlük enerji tüketimi ele alındığında olası bir varsayım yapılabilir. Günlük elektrik enerjisi kullanımı en fazla; insanların güne başladığı saat ile gün içerisinde aktif geçirdiği zaman dilimi aralığındadır. Bu zaman aralıklarında sosyal hayatlarında kullandıkları elektrik-elektronik aletlerden, yaptıkları işlerden ötürü geçirdikleri aktif iş zaman diliminde maksimum elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. Bu veri doğrultusunda gün içinde geçirdikleri aktif zamanlarda daha fazla enerji talebi oluşur. Duck Curve eğrisinden benzetme yapılarak saatlik bazda elektrik enerjisi tüketim değişiminin (kWh) eğrisi Grafik 1'de gösterilmiştir [5] [6].



Grafik 1. Saatlik Bazda Enerji Tüketim Değişimi

Transformatörlerin Yaz Aylarındaki Güç Yetersizliği

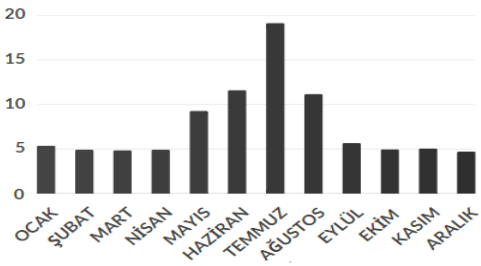
Transformatörlerin dönemsel yüklenme farklılıkları var oldukları konumlara göre değişiklik göstermektedir. Bu yük-talep farklılıkları, ilgili konumların nüfus değişimlerine, kullanılan elektrik – elektronik alet sayısına, bölgede elektrik enerjisi gerektirecek yeni yapılara bağlı olabilir. Aynı zamanda özellikle Karadeniz Bölgesi'nde yayla yerleşim alanlarının sayıca fazla olması nedeni ile yayla bölgelerinde yaz aylarında enerji talebi artmakta, kış aylarında ise azalmaktadır. Aynı bakış açısında özellikle Akdeniz Bölgesi'nde yaz aylarında turizmin yoğun olması nedeni ile enerji talebi artmakta, kış aylarında ise azalmaktadır. İç Anadolu Bölgesi'nde ise tarımsal sulamanın yoğun olduğu dönemlerde enerji talebi oldukça artmaktadır.

Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş (YEDAŞ) hizmet bölgesinde bulunan çeşitli bölgelerin, 2021 yılı Aylık Genel Tüketim (kWh) veri değerleri alınarak kıyaslama yapılmıştır (Tablo 1). Ulaşılan değerler üzerinde yapılan ay/yıl analizlerinde tüketilen gücün aylara göre değişiklik gösterdiği istatistiksel olarak gösterilmiştir. Yaz aylarında bazı bölgelerde %400'e kadar enerji tüketim artışı görülmüştür. Enerji tüketiminde meydana gelen bu değişikliklerin en temel sebepleri turizmde yaz aylarında meydana gelen nüfus artışı, tarımsal sulama alanları gibi arazilerde özellikle yaz aylarında oluşan yoğun nüfus artışı ve tarım bölgelerinde iş yükü gibi durumlara bağlı olarak enerji tüketiminin artışı yaz aylarında yılın geri kalan aylarına göre farklılık göstermektedir. Yüklerde meydana gelen sezonluk farklılıklar transformatör kapasitelerinin yetersiz kalmasına, sezonluk yük artışına bağlı olarak da arızaların artmasına, alçak gerilim dağıtım şebekesinde gerilim düşümlerine ve transformatörlerde doluluk oranın düşük olduğu dönemlerde boşta transformatör kayıplarına sebep olmaktadır. Aynı zamanda sezonluk olarak transformatörde meydana gelen yük değişimleri transformatörün amortisman ömrüne de olumsuz etki oluşturmaktadır.

Tablo 1. 2021 Örnek Bölge Aylık Genel Tüketim (kWh)

2021 Genel Tüketim				
Adres	Ocak	Nisan	**Temmuz**	Ekim
	Şubat	Mayıs	**Ağustos**	Kasım
	Mart	**Haziran**	Eylül	Aralık
Terme Özyurt Mh.	5,337	4,899	**19,109**	4,93
	4,895	9,241	**11,13**	5,024
	4,822	**11,563**	5,64	4,694
Bafra Kahraman Mh.	5,942	5,882	**24,313**	4,428
	6,17	7,235	**16,036**	4,718
	5,852	**11,43**	9,925	4,398
Bafra Doğanca Mh.	6,228	5,345	**25,853**	5,096
	6,093	5,831	**26,029**	5,096
	5,504	**15,423**	9,022	6,279
Bafra Gerzeliler Mh.	7,681	6,604	**15,851**	7,409
	7,3	9,551	**10,287**	7,727
	7,125	**10,694**	9,454	7,573

Örnek Bölge olarak seçilen Terme Özyurt Mahallesi'nin yaz aylarındaki enerji tüketiminin %400 oranında artması (Grafik 2.), yerel halkın nitelendirdiği "Fındık Sezonu" nun gelmesiyle yaz aylarında nüfus ve elektrik enerjisi gerektirecek iş yoğunluğu artışı olmasından kaynaklanmıştır. Bu yük artışına bağlı olarak da yukarıda bahsedilen transformatör kapasitelerinin yetersiz kalması, transformatörlerde aşırı yüklenmeye bağlı arızaların artışı, yüksek sesle çalışma, yük dengesizlikleri gibi olumsuzluklar ortaya çıkmıştır. Bu olumsuzlukların önüne geçilmesi için gerek görüldüğünde transformatör gücünü artırıcı önlemler alınmalıdır [2].



Grafik 2. Özyurt Mahallesi 2021 yılı Aylık Enerji Tüketim Grafiği (kWh)

Tarım Arazilerinde Sezonluk Oluşan Transformatör Güç Dengesizliği

YEDAŞ hizmet bölgesinde yer alan ve tarımsal sulama amacıyla kullanılan 100 kVA gücünde bir transformatör (Şekil 2) sezonluk yük değişimlerinin incelenmesi amacıyla seçilmiştir. Söz konusu transformatör dönemsel olarak yüklenmeye sahip olup yıllık yük genellikle 50 kVA' nın altında seyir etmektedir. Yapılan analiz çalışmaları sonucu Samsun ili Bafra ilçesinde EMENLİ TR6 transformatörünün inceleme çalışmaları için uygun olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu transformatör 100 kVA güce sahip olup önümüzdeki dönemlerde herhangi bir yatırım planlaması içerisinde bulunmamaktadır. Söz konusu transformatör tarımsal sulama, mesken ve sokak aydınlatma amacıyla tesis edilmiştir. Transformatörün bulunduğu bölgede çeltik yetiştiriciliği yapılmakta olduğundan transformatör üzerinde yaz aylarında dönemsel yük artışları gözlemlenmektedir. Söz konusu transformatör yaz dönemleri dışında mesken ve sokak aydınlatması amacıyla kullanılmakta olup tarımsal sulamanın yapılmadığı diğer dönemlere göre daha az yüke sahiptir.



Şekil 2. 100 kVA Güçte Transformatör

Sezonluk yük dengesizliği sonucunda;

Transformatörün aşırı yükte çalışması sonucu kesintiler oluşmaktadır.

Transformatörün yalnızca belirli bir dönemde yüklü olarak çalışmasına bağlı amortisman ömründe azalma meydana gelmektedir.

Transformatörün yük dengesizliğinin sürekli olması (yüklenmenin anlık artıp azalması) ile teknik kayıpların artmaktadır.

Transformatörlerin yük dengesizliğine bağlı olarak izolasyon malzemesi olan transformatör yağlarının ömürlerinde kısalma meydana gelmektedir ve delinme gerilimlerinde düşüş ortaya çıkmaktadır.

Dolayısıyla, dengesiz yüklenme transformatörün veriminde ciddi sorunlara neden olmaktadır.

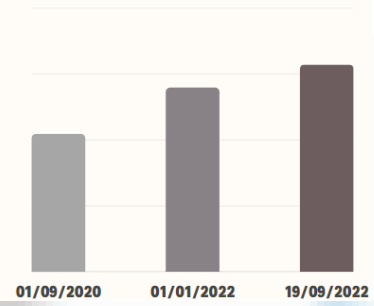
Bölgelerin Yıllara Göre Enerji Tüketimi Değişikliği

Nüfusun artması ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte elektrik enerjisi kullanımı her geçen gün daha da artmaktadır. Mevcut bir bölgede teknolojinin sürekli gelişmesiyle de alakalı olarak kullanılan enerji, uzun zaman verileri incelendiğinde günlük/aylık/yıllık bazda; örneğin 5 yıl önce tüketilen enerji ile şu an ki tüketilen enerji miktarında değişiklik görülmektedir [7][11]. Şeftali Yetiştiriciliği arazisinin 19 Eylül 2022 tarihinde tükettikleri enerji miktarları, 1 Eylül 2020 tarihinde tükettikleri enerji

miktarlarından fazladır. Yaklaşık olarak tükettikleri enerji oranında 2 yılda %50 artış görülmüştür. (Tablo 2.), (Grafik 2.1.)

Tablo 2. Şeftali Yetiştiriciliği Arazisi 2 Yıllık Tüketilen Enerji Miktarları

Yük Zamanı	+T0 (Çekiş) (kWh)	Reaktif End. (Ri) (kVarh)	Reaktif Kap. (Rc) (kVarh)
19.09.2022	15698,28	7002,66	3,71
1.01.2022	13958,44	6320,345	3,291
1.09.2020	10440,4	4929,828	2,991



Grafik 2.1. Şeftali Yetiştiriciliği Arazisindeki Transformatörün Anlık Çektiği Gücün 2 Yıllık Verisi (+T0 Çekiş kWh)

Bu doğrultuda ilgili bölgedeki transformatör gücü belirli bir zaman sonra yetersiz kalır ve buna bağlı olarak transformatör kapasitesinde değişikliğe gitme mecburiyeti ortaya çıkmaktadır.

Transformatör Talep – Yük Dengesizliği

Dağıtım şirketlerinin orta ve uzun dönemde (15-20 yıl) karşı karşıya kalacağı sorunlardan biri de mevcut dağıtım şebekesi altyapısının, Prize Takılabilir Elektrikli Taşıt (PTET) ların kullanım oranlarının artması ile birlikte dağıtım şebekesinin nasıl etkileneceği, gerekli olan iyileştirme ihtiyaçlarının ve yatırım takviyelerinin neler olduğudur. Elektrikli araçların yaygınlaşması ile birlikte transformatörlerde yüklenme sorunları ile karşılaşılacaktır. Yapılan çalışmalar PTET'lerin penetrasyon oranlarının %35 ve üzerine çıktığı durumlarda dağıtım planlamacıların PTET' lerin transformatör yüklenmeleri üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurmaları gerekmektedir [8].

Bu veriler doğrultusunda yaygın kullanılan elektrikli araç bölgesinde araçları şarj etme durumunda, talep edilen enerjide artış meydana gelecektir. Bu doğrultuda transformatör gücü ile talep edilen güç arasında dengesizlikler yaşanacaktır.

Geçmişe Dönük Enerji Talep Verisi

Bölgesel talep hakkındaki bilgilerin büyük bir bölümü Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) istatistiklerinden alınmıştır. YEDAŞ' ın dağıtım faaliyetinde bulunduğu beş il için beş farklı grupta ekonometrik model oluşturulmuştur:

Samsun

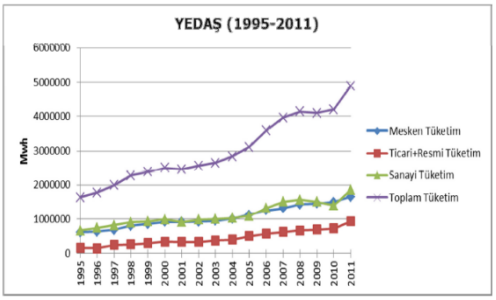
Çorum

Amasya

Sinop

Ordu

1995 ile 2011 yılları arasındaki yıllara ait Samsun, Ordu, Çorum, Amasya ve Sinop illeri enerji tüketim değerleri ve müşteri sayıları, tüketici gruplarına göre kategorize edilmiş olarak verilmektedir. (Grafik 3.)



Grafik 3. YEDAŞ Talep Değişimi (Sektörel ve Toplam Tüketim-MWh)

Mesken Tüketici Modeli: Mesken tüketici modeli, mesken başına ortalama enerji talebi ile bölgedeki mesken tüketicilerin toplam sayısını ayrı ayrı tahmin etmeye çalışır;

$$MTj,t = MTSj,t\ X\ MOT$$

Formülde geçen;

MT j, t = j bölgesindeki mesken tüketicilerinin t yılındaki enerji talebi [MWh]
MTSj,t = j bölgesindeki mesken tüketicilerinin t yılındaki sayısı
MOT j,t = bölgesindeki mesken tüketicilerinin t yılındaki ortalama enerji talebi [MWh]
X = Çarpan sembolü
Her geçen gün artan enerji taleplerinden dolayı bölgedeki mevcut transformatör gücü ilerleyen zamanlarda yetersiz kalacak, transformatör gücünde artış veya uygun güçte bir transformatör ile değişim talebi edilecektir.

Transformatör Gücünün Yetersiz Kaldığı Durumda Türkiye ve Avrupa Yapılan Yöntemler

Bir turizm ve tarım bölgesi incelendiğinde bölgede sadece yerel halk yaşadığı için yılın 8-9 ayı sabit seviyelerde enerji tüketimi olmaktadır. Yılın geriye kalan 3-4 ayında enerji tüketiminde nüfus artışı ve tarımsal sulama gibi enerji tüketimini artırıcı faktörlere bağlı olarak trafo yüklerinde ciddi artışlar meydana gelmektedir. Bu tüketim doğrultusunda ilgili bölgedeki transformatörlerin mevcut güçleri yılın 3-4 ayında yetersiz kalmaktadır. Bu talep doğrultusunda elektrik dağıtım şirketlerinin çözüm olarak bazı yöntemleri vardır [3]. Bu yöntemler; Transformatör kapasite artışı amacıyla yeni transformatör tesisi ya da boşta çalışan transformatör ile kapasitenin yetersiz kaldığı transformatörün yer değişiği (becayiş) uygulamaları yapılmaktadır.

Tablo 3'de YEDAŞ bölgesi kısa ve orta dönem transformatör kapasite artışı, transformatör ilavesi ve TEİAŞ TM tesisi tablosu verilmiştir.

Tablo 3. YEDAŞ Bölgesi Kısa ve Orta Dönem Transformatör Kapasite İlavesi

İl	Dönem	Trafo Kapasite Artışı		Trafo İlavesi		TEİAŞ TM Tesisi	
		Adet	Güç (MVA)	Adet	Güç (MVA)	Adet	Güç (MVA)
Samsun	2012-2016	3 4	64 120	- -	- -	4 1	178 100

	2017-2021						
Ordu	2012-2016 2017-2021	2 -	55 -	1 -	25 -	2 -	132 -
Çorum	2012-2016 2017-2021	1 2	30 64	- 1	- 16	1 -	50 -
Amasya	2012-2016 2017-2021	2 1	43 25	- -	- -	1 -	80 -
Sinop	2012-2016 2017-2021	1 2	34 64	- -	- -	- -	- -

Yurt dışındaki bazı ülkelerde transformatörlerin günlük, aylık, yıllık olarak talep edilen – kullanılan güç dengesizliğini önlemek için de bazı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerin başında ilgili transformatörü uygun güçte bir transformatör ile değişimi gelmektedir. Bu çözüme ek olarak; ilgili transformatöre yakındaki uygun bir transformatörle güç aktarımı sağlamak, ilgili transformatörün mevcut gücünü artırmak kullanılabilecek diğer yöntemler arasındadır.

Ancak bazı durumlarda teknolojinin de gelişmesiyle beraber farklı çözüm metotları gelişmiştir. Dağıtık Üretim bu metotlardan bir tanesidir. Dağıtık Üretim, tüketim noktasındaki enerji üretimini ifade eder; yenilenebilir enerji kaynakları gibi. Dağıtık üretim, kullanılacağı yerde veya yakınında elektrik üreten çeşitli teknolojileri ifade ederken, enerji talebinin yetersiz kalması durumunda yük aktarım işlemi gerçekleştirilebilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjilerin de depolanmasıyla batarya sistemleri kullanarak (Şekil 3) ilgili transformatöre talep arttığı takdirde bölge bu işleme müsaitse güç aktarımı gerçekleştirilebilir. [9][10].



Şekil 3. Enerji Depolama Sistemi

Bir diğer seçenek ise enerji verimli transformatör kullanmaktır. Enerji verimli transformatörler sayesinde dağıtım transformatörü, güç kaybı tipik olarak toplam dağıtım kaybının yaklaşık %40-50'sine katkıda bulunur. Bu sayede talep gücü arttığı esnada enerji tasarrufu yaparak transformatörün istenilen gücü verebilmesi gerçekleşmektedir.

Sonuç

Elektrik enerjisi kullanımı; teknolojinin gelişmesi, ortamdaki elektrik–elektronik cihaz sayısı, yerleşim bölgelerindeki insan sayısıyla doğru orantılı bir şekilde artış göstermektedir. Elektrik enerjisinin talebini karşılamak amacıyla bölgelerde transformatörler mevcuttur. Bu transformatörler sayesinde hane halkının/ bölgelerin enerji talebi karşılanmaktadır. Ancak transformatörün enerji talebi kısa/orta/uzun vadelerde değişkenlik göstermektedir. Sıradan bir yerleşim bölgesinde talep gücü yıl boyunca nüfus artışından kaynaklı olarak talep gücü de doğru orantılı olarak artar. Ancak bir turizm veya tarım bölgesinde talep edilen enerji yılın yaklaşık 8-9 ayında düşük miktarlarda seyrederken, yılın geri kalan 3-4 ayında yaklaşık üç-dört katına kadar enerji talebi artışı meydana getirebilmektedir. Turizm bölgesinde; nüfus artışından kaynaklı, tarım bölgesinde ise; yılın belirli aylarında yapılacak işler artacağı için kullanılacak enerji miktarının da dolaylı bir şekilde artışı gerçekleşir.

Bu talepler doğrultusunda talep edilen güç arttığı için mevcut transformatörler yetersiz kalır ve talep edilen gücü karşılamak için transformatör değişikliği gerçekleşir. Kurulan yeni transformatör gücü istenilen verimi 3-4 ay sağladıktan sonra kalan aylarda talep edilen gücün çok üstünde kalır ve talep edilen güç ile transformatör gücü arasında ciddi dengesizlik meydana gelir. Bu nedenle trafolarda boşta çalışma kayıpları ortaya çıkar. Bu dengesizliği gidermek için sürekli olarak talep edilen güce göre transformatör değişimi gerçekleştirmek hem mantıklı değildir hem de elektrik dağıtım şirketlerine yatırımsal ve operasyonel olarak yüksek mali giderler oluşturmaktadır. Dolayısıyla günümüzde bu yük-talep dengesizliği ortadan kaldıracak şekilde yeni nesil akıllı transformatör çalışmalarına yönelmek, enerji depolama sistemlerini sezonsonluk kullanımına göre optimize etmek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının dengesiz yüklü bölgelere kaydırılabilir.

Teşekkürler

Bu çalışmaya vermiş oldukları desteklerden dolayı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu ’na (EPDK) ve Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş. ‘ye teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Yavuzdemir, Mustafa ve Gökgöz, Fazıl., “Türkiye’nin kısa gönem yıllık brüt elektrik enerjisi talep tahmini”,Ankara Üniversitesi Akademik Arşiv Sistemi, 2014.

Hekkenberg, M. ve Benders, R.M.J., ve Moll, H.C., ve Uiterkamp, Schoot., “Indications for a changing electricity demand pattern: The temperature dependence of electricity demand in the Netharlands” Elsevier, 37., 1542-1551, 2009.

Panteli, M., ve Kirschen D.S., “Assessing the Impact of Insufficient Situation Awareness on Power System Operation” IEEE, 28, 2967-2977, 2013.

Merwe, W., ve Moutan, T., “Solid-state transformer topology selection” IEEE, 2009.

Hainoun. A., “Construction of the hourly load curves and detecting the annual peak load of future Syrian electric power demand using bottom-up approach”, IEEE, 31, 1-12, 2009.

Jardini, JA., ve Tahan, CMV., ve Ferrari, EL., Ahn, SU., “Selection of distribution transformer based on economic criteria”, 14th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution (CIRED 1997-Distributing Power fort he Millennium), 1997.

Ardakani, F.J., ve Ardehali. M.M., “Long-term electrical energy consumption forecasting for developing and developed economies based on different optimized models and histirical data types”, Elsevier, 65, 452-461, 2014.

Eicker, U. Ve Alzaareer, K. Ve Brahmi, B. Ve Zellagui, M. “A Novel Data-Energy Management Algorithm for Smart Transformers to Optimize in Smart Homes”, Mpdi, 13, 2020.

Hayranı, X., ve Ding, J., ve Han, X., ve Deng, Y., ve Lv, X., ve Xie, Y., ve Chen, B., ve Hu, W., ve Zhong, C., “Battery Technologies for Grid-Level Large-Scale Electrical Energy Storage”, Springer Link, 26, 92-103, 2020.

Dunn, B., ve Kamath, H., ve Tarascon, J-M., “Electrical Energy Strage fort he Grid:A Battery of Choices” , Science, 18, 928-935, 2011

Uchimaya, Y., “Present efforts of saving energy and future energy demand/supply in Japan”, ScienceDirect, 43, 1123-1131, 2002

Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği, 2001.

NEC, National Electrical Code 1981.

Presentation ID / Sunum No: 85

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000 0001 7609 0100

Portakal Kabuğundan Elde Edilen Zno-Go Kompozit Süperkapasitör Elektrotlarının Performans ve Yapısal Özelliklerinin Analizi

Araştırmacı Handan Büyükkürkçü[a]*, Dr. Öğr. Üyesi Rıfat Kurban[b], Doç. Dr. Ali Durmus[c], Prof. Dr. Ercan Karaköse[d]

[a] Kayseri Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği
[b] Kayseri Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü
[c] Kayseri Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü
[d] Kayseri Üniversitesi, Mühendislik & Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mühendislik Temel Bil. Bölümü

*Corresponding author: Handan Büyükkürkçü

Özet: *Hummers yöntemiyle elde edilen grafen oksit (GO) tozu ile portakal kabuğundan yeşil sentez yöntemiyle elde edilen, metal oksit bileşiği olan çinko oksit (ZnO) belirli oranlarda birleştirilerek kompozit elektrot hammaddesi oluşturulmuştur. 10 gram grafen oksit tozu içerisine %10, 20 ve 30 oranında ZnO eklenmiş ve %10 oranında bağlayıcı kullanılarak (bağlayıcı N-metil pirolidon (NMP) ile çözdürüldü) kompozit elektrotlar elde edilmiştir. Sentezlenen elektrotların değişen kapasitans değerleriyle bir süperkapasitörün enerji depolayabilme performansı ve yapısal özelliklerinin karakterizasyonu analiz edilmiştir. ZnO/GO kompozitlerin yapısal karakterizasyonu XRD (X-ışını kırınımı) ve FE-SEM (alan taramalı elektron mikroskopisi) ile gerçekleştirilmiştir. Üretilen ZnO/GO elektrotların elektrokimyasal özellikleri ise döngüsel voltametri (CV), elektrokimyasal empedans ve galvanostatik şarj-deşarj testleriyle analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda; kullanılan ZnO/GO kompozit malzemesinden üretilen ZnGO, 2ZnGO, 3ZnGO elektrotlarının çinko oranı arttıkça elde edilen elektrodun spesifik kapasitans değerinin arttığı gözlemlenmiştir. 5mV/s tarama hızında maksimum spesifik kapasitans değerleri sırayla 194.23 Fg-1, 366.81 Fg-1, 383.18 Fg-1 ve 410.48 Fg-1 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak yeşil sentez yöntemiyle portakal kabuğundan elde edilen ZnO nano parçacıklarıyla grafen oksitin birleşmesinden oluşan kompozit malzemenin elektrot yapımında kullanılmasıyla süperkapasitör elektrokimyasal verimliliğini artırdığı gözlemlenmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Süperkapasitör, Grafen Oksit (GO), Elektrot, Çinko Oksit (ZnO)*

Analysis of Performance and Structural Properties of ZnO-GO Composite Supercapacitor Electrodes Obtained from Orange Peel

Abstract: *Composite electrode raw material was formed by combining graphene oxide (GO) powder obtained by Hummers method and zinc oxide (ZnO), a metal oxide compound obtained by green synthesis method from orange peel, in certain proportions. 10, 20 and 30% ZnO was added to 10 grams of graphene oxide powder and composite electrodes were obtained by using 10% binder (the binder was dissolved with N-methyl pyrrolidone (NMP)). With the varying capacitance values of the synthesized electrodes, the energy storage performance of a supercapacitor and the characterization of its structural properties were analyzed. Structural characterization of ZnO/GO composites was performed by XRD (X-ray diffraction) and FE-SEM (field scanning electron microscopy). The electrochemical properties of the produced ZnO/GO electrodes were analyzed by cyclic voltammetry (CV), electrochemical impedance and galvanostatic charge-discharge tests. As a result of the analyzes made; It was observed that the specific capacitance value of the obtained electrode increased as the zinc ratio of the ZnGO, 2ZnGO, 3ZnGO electrodes produced from the ZnO/GO composite material used increased. Maximum specific capacitance values were measured as 194.23 Fg-1, 366.81 Fg-1, 383.18 Fg-1 ve 410.48 Fg-1 at a scan rate of 5mV/s, respectively. As a result, it was determined that ZnO nanoparticles obtained from orange peel by green synthesis method, it has been observed that the use of composite material consisting of a combination with GO increases the electrochemical efficiency of the supercapacitor.*

Keywords: *Supercapacitor, Graphene Oxide (GO), Electrode, Zinc Oxide (ZnO)*

1. GİRİŞ

Günümüzde artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına ve bununla birlikte yeni nesil enerji depolama sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yeni nesil enerji depolama sistemlerinde güç kaynağı olarak en çok tercih edilen dielektrik kapasitörler, lityum-iyon pilleri ve süperkapasitör çeşitleridir. Dielektrik kapasitörler mikro büyüklükte ve kısa zamanlı çalışılacak elektroniklerde tercih edilirken, lityum-iyon piller orta zamanlı çalışılacak elektrik depolama sistemlerinde tercih edilmektedir. Süperkapasitörler ise bu iki elektronik teknolojinin arasında yer alırlar. Enerji yoğunluğu bakımından dielektrik kapasitörlerden daha avantajlı olurken pillerle kıyaslandığında kararlılıkları fazla ve güç yoğunluklarının yüksek olması sebebiyle süperkapasitörler daha iyi performans göstermektedirler [1]. Süperkapasitörlerin yüksek güç yoğunluğuna sahip olması, geniş sıcaklık aralıklarında çalışabilmesi, hızlı şarj-deşarj edilebilir, çevre dostu olması, çevrim ömrünün uzun olması, maliyet olarak ekonomik, güvenli ve kararlılıklarının yüksek olması gibi birçok avantajları vardır [2].

Süperkapasitörler de enerji depolama olayı elektrot malzemeler üzerinde gerçekleşmektedir. Süperkapasitörlerde kullanılmak üzere elektrot malzemesi seçilirken daha çok gözenekli yapıya sahip karbon tabanlı (grafen, aktif karbon gibi) malzemeler tercih edilmektedir [3]. Bazik ve asidik ortamlarda, değişken sıcaklıklarda tam kimyasal kararlılığını korumaları ve çevreye duyarlı olmaları nedeniyle karbon bazlı maddeler, süperkapasitör enerji cihazlarında elektrot malzemesi olarak kullanılması bilim insanları tarafından ilgi çekici hale gelmiştir [4]. Son on yıl içinde karbon tabanlı malzemelerin enerji yoğunluğunu artırmak amaçlı metal oksit malzemeler de (TiO_2, ZnO, SnO_2 gibi çeşitli n-tipi yarı iletken malzemeler) elektrot yapımında kullanılmaya başlamıştır [5,6]. Metal oksit malzemelerden ZnO, yarı iletkenlikte 3,38 eV bant aralığına sahip ve diğer metal oksit malzemelerle karşılaştırıldığında 60 meV'luk büyük bir bağlanma enerjisine sahiptir [7,8]. Ayrıca çinko oksitin (ZnO) ucuz ve çevreye duyarlı olması, 650 Ah/g enerji yoğunluğunun yüksek olmasından dolayı bu çalışmada nano parçacık olarak üretilip elektrot malzemesi olarak kullanılmıştır. ZnO malzeme üretimi için araştırmacılar sol-jel metodu, mekanokimyasal proses, RF plazma sentezi, mikroemülsiyon sentezi, hidrotermal proses, sprey pirolizi ve kurutma, buhar taşınım prosesi, yeşil sentez gibi yöntemleri kullanmışlardır [9]. Bitki özleri, farklı mikroorganizmalar gibi biyolojik ve geri dönüştürülebilir sistemleri kullanılan yeşil sentez yöntemi; çevre dostu, toksik atık oluşturmayan, ekonomik olması sebebiyle bu çalışmada ZnO nano parçacıklarının elde edilmesinde kullanılmıştır. Yüksek performanslı ve ucuz elektrot elde edebilmek için kompozit malzemeler üzerinde çalışılmıştır. Bu nedenle aynı malzemede hem yüksek enerji yoğunluğu (metal-oksit) hem de yüksek güç yoğunluğu (karbon) elde edebilmek için karbon/metal-oksit kompozit malzemeler elektrot yapımında kullanılmaktadır [10,11].

Literatürde metal oksit- karbon kompozitli elektrot çalışmalarında Fang ve arkadaşları [12], süperkapasitörlerde kullanılmak üzere sentezledikleri elektrot malzemesi çinko oksit/grafen nanokompozitlerin spesifik kapasitans değerinin 786 Fg^{-1} olduğunu tespit etmişlerdir. Jayachandiran ve ekip arkadaşları [13] indirgenmiş grafen oksit/Çinko oksit ve saf ZnO elektrodu sentezlemiş ve ürettikleri spesifik kapasitans değerinin 312 Fg^{-1} olarak ölçmüştür. Bununla birlikte saf olarak elde ettiği ZnO elektroduna oranla daha yüksek kapasitans değerinin olduğunu gözlemlemişlerdir. Başka benzer şekilde Mohan ve ekip arkadaşları [14] sentezledikleri kompozit elektrotların (RGO/ZnO) kapasitanslarını ölçmüş ve RGO/ZnO elektrotun (280 Fg^{-1}), diğer saf elektrotlarına göre daha yüksek spesifik kapasitans değerinin olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak; çevre dostu ve uygulanabilirliği kolay olması göz önünde bulundurularak yeşil sentez yöntemiyle portakal kabuğundan ZnO nanopartükülleri elde edilmiştir. Daha sonra Hummers yöntemiyle elde edilen grafen oksit tozu ile belirli oranlarda sentezlenerek kompozit elektrotlar oluşturulmuştur. Bu kompozit elektrotların performansı ve yapısal özelliklerinin karakterizasyonu analiz edilmiştir.

DENEYSEL PROSUDÜRLER

Hummers Yöntemiyle Grafen Oksit Sentezi

Hummers Yöntemi kullanılarak Grafen Oksit (GO) sentezlenmiştir. Grafit tozu (10 gram farklı saflıktaki grafit-Merk marka), 250 g sülfürik asit ve fosforik asit (9:1 hacim oranında) 1000 mL'lik behere yavaş

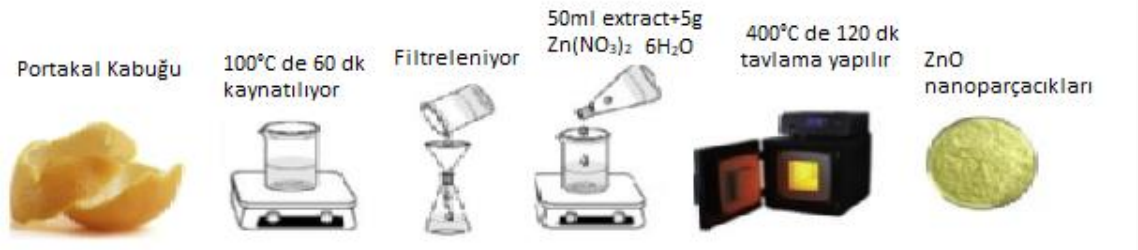
yavaş döküldü ve iyice birleştirilene kadar yavaşça karıştırılmıştır. Potasyum permanganat (8 g), 1 saat boyunca sürekli karıştırılarak kademeli olarak ilave edilmiştir. Sıcaklık sürekli olarak 60 °C'ye yükseltildi ve 12 saat boyunca çalkalama altında tutuldu. Tepkimeyi önlemek için 700 ml buzlu su ve 1 ml yüzde 30 g H_2O_2 ilave edilerek madde yavaş yavaş seyreltildi. Kahverengiden sarıya bir renk değişikliği gözlendi. Elde edilen ürün pH nötralize olana kadar %10 HCl solüsyonu ve deiyonize su ile yıkandı, Ardından ortaya çıkan ürün etanol ile yıkanıp 12 saat sıcak havada 60°C'de kurutulmuştur. Böylelikle koyu kahverengi GO tozu elde edildi. 10 g GO tozu alınacak ve ardından 100 ml saf su ile 30 dakika karıştırılacak ve 950 °C' de 12 saat tavlandı. Oluşan süspansiyon çözeltisinin rengi koyu kahverengiden koyu siyaha dönüştü.

2.2. İndirgenmiş Grafen Oksit İşlemi

İndirgeme işlemi için 2 g toz halde bulunan GO üzerine 600 ml deiyonize su eklenerek 35 °C'de 8 saat karıştırılıp 2 saat ultrasonik banyoda işlem yapılmıştır. Karışıma 60 ml Hidrazin hidrat (H_6N_2O) ilave edilerek 95 °C sıcaklıkta 8 saat manyetik karıştırıcı ile karıştırıldı. Oda sıcaklığında soğumaya bırakılan karışım ilk önce aseton ile sonrasında iyonize olmayan su ile yıkanarak filtrede süzülmüştür. Elde edilen malzeme oda sıcaklığında kurutulmuş ve toz halde rGO elde edilmiştir**.**

2.3. Portakal Kabuğu Kullanılarak Yeşil Sentez ZnO Sentezi

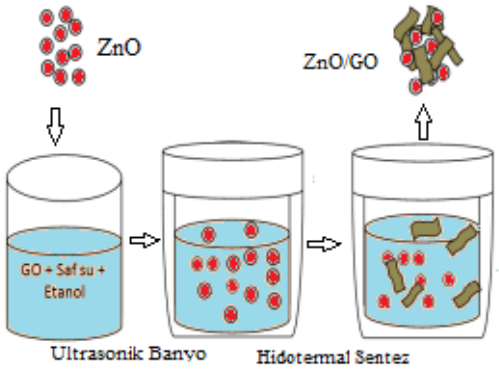
Bitki ekstraktları için 10gr taze portakal kabuğu kullanılmıştır. Kabuklar saf su ile yıkanıp ve 100 ml saf suda 100 °C' de 60 dakika kaynatıldı ve soğumaya bırakıldı. Bitki özü, filtre kâğıdında süzülerek toplandı. 50 ml ekstraktı +5g $Zn(NO_3)_2$ karıştırılarak ve 100 °C' de jelleşene kadar ısıl işleme tabi tutulmuştur. Jel karışım 400 °C' de 120 dakika tavlanmış ve malzeme agat havanda öğütülerek ZnO nanoparçacıkları elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: Portakal kabuğundan yeşil sentez yöntemiyle ZnO nanoparçacıkların üretilmesi.

2.4 ZnO/GO Elektrotlarının Üretimi

ZnO ve GO malzemeler belirli oranlarda katkılanarak hidrotermal yöntem ile elektrotlar sentezlendi. İlk olarak 10 gram grafen oksit tozu içerisine %10 oranında ZnO eklenmiş ve %10 oranında bağlayıcı (bağlayıcı N-metil pirolidon (NMP) ile çözülecektir) kullanılarak birbirine kimyasal olarak bağlanmış ZnO/GO kompozit elektrot malzemesi elde edilmiştir. Bu kompozit malzeme süzdürüldü ve saf su ile yıkandı. Daha sonra da oda sıcaklığında kurutuldu. Katkılanan çinko oranları değiştirilip (%20 ve %30 ZnO) aynı uygulamalar kullanılarak grafen oksit tozu içerisine eklendi ve yeni kompozit elektrotlar oluşturuldu. ZnO/GO kompozit malzemelerinin üretimi Şekil 2' de gösterilmiştir.



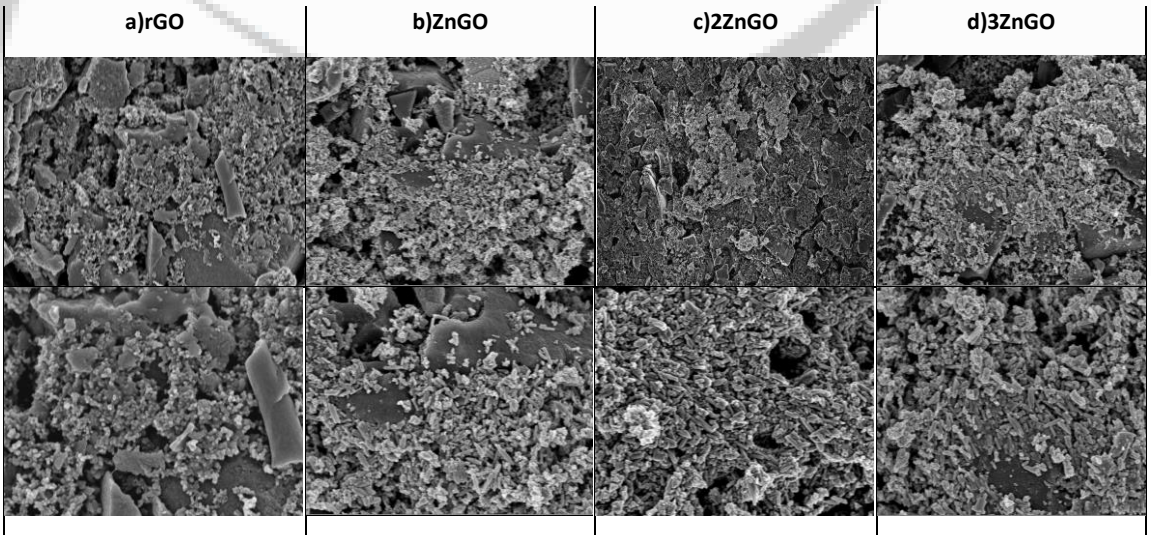
Şekil 2: ZnO/GO Kompozit Elektrotlarının Üretilmesi

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Alan Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM) Analizi

FE-SEM analizi kompozit malzemelerin morfolojik yapısal özelliklerini belirlemek için önemli bir faktördür [15]. Elde edilen rGO ve kompozit ZnGO, 2ZnGO, 3ZnGO elektrotlarının yüzeyleri arasında karşılaştırma yapmak için, FE-SEM mikrografları farklı büyütmelerle Şekil 3 de verilmiştir. FE-SEM mikrografları incelendiğinde yeşil sentez işleminden elde edilen çinko oksitin, farklı oranlardaki kompozit malzemelerde ortalama kristal boyutu üzerinde önemli bir etki gösterdiğini ve görüntülerinin birbirine benzediği gözlemlenmiştir. ZnO nanoparçacıklar, grafen oksit yüzeyi üzerine homojen olmayan bir şekilde dağılmış ve oksijen içeren gruplar olması sebebiyle grafenin yüzey tabakasına tutunmuşlardır.

Portakal kabuğundan elde edilen ekstrenin kullanılması parçacık boyutunun küçülmesinde yüzeylere tutunmasında önemli etkisi vardır. Ayrıca nano ZnO içeren parçacıklar elektro-aktif yüzeylere erişimi kısıtlayarak toplam yüzey alanını ve dolayısıyla enerji depolama kapasitesini artırır [16].

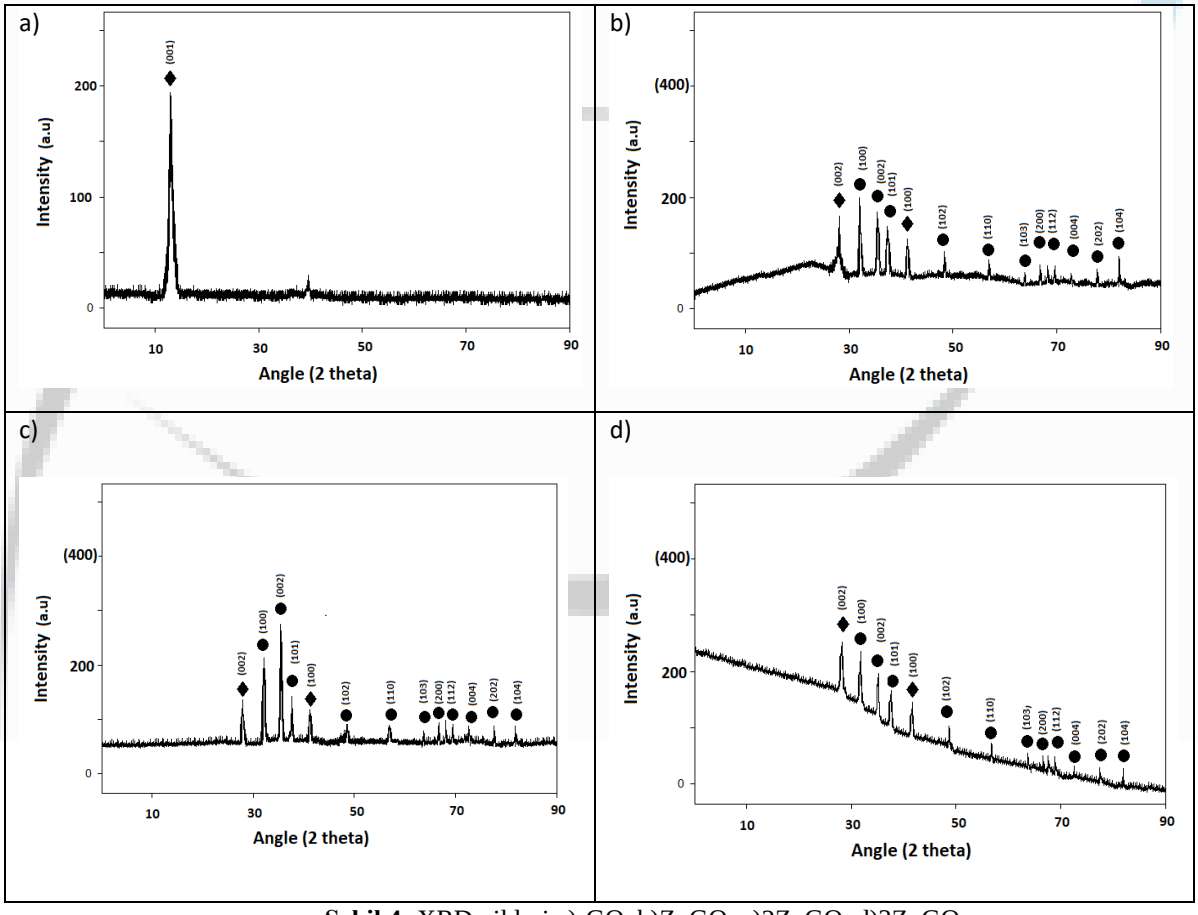


Şekil 3: rGO ve ZnGO elektrotlarının farklı boyutlarda FE-SEM Görüntüleri

3.2. X- Işınları Difraktometre (XRD) Analizi

Kristal yapılar, 10-90 C° aralığında X-Işınları kırınım analizi (XRD- Bruker AXS D8) ile incelenmiştir. Kompozit elektrotların XRD pikleri Şekil 4 de görülmektedir. Elde edilen indirgenmiş grafen oksit

(rGO) için Şekil 4 (a) sentezlenen grafitin yansıma pikini göstermektedir. Yaklaşık 26°'de tespit edilen pik, grafit karbonun (002) düzlemine ait kırınım pikidir. Şekil 4 (b)-(d) sentezlenen ZnO/RGO kompozitinin XRD analizinde rGO ve ZnO' ya ait pikler gözlenmiş olup 2θ kırınım açıları 32.81º, 33.48º, 36.41º, 46.57º, 55.43º, 61.88º, 65.46º, 67.55º, 71.34º, 74.47º ve 80.26º, sırasıyla (100), (002), (101), (102), (110), (103), (200), (212), (004), (202) ve (104) düzlemlerine karşılık gelmektedir (JCPDS no. 396-1451). Bu durum kompozit yapısının wurtzite yapılı ZnO'nun kristal yapısıyla örtüştüğünü ve kompozit içerisinde ZnO' ya ve rGO' ya ait özelliklerin yer alacağını göstermektedir. rGO ve ZnO'nun uyumlu bir kombinasyonu yapılan XRD analizinde tespit edilmiş olup bu durum üretilen süper kapasitörlerin iletkenlik ve dayanıklılık özelliklerini geliştirmede, daha performanslı bir süper kapasitör oluşturmaya yardımcı olabilir. Karbon atomunun atomik çapı yaklaşık 0.77 Å, çinko atomunun atomik çapı ise yaklaşık 0.74 Å ve oksijen atomunun atomik çapı ise yaklaşık 0.66 Å'dır, artan ZnO katkı oranıyla XRD piklerinin şiddetleri birbirine daha da yaklaşması beklenir Fig. 4(a), (b) ve (c)' de yer alan şiddetli pikler %30 ZnO katkılı 3ZnGO' da daha dengeli bir hal alıp pik şiddetleri neredeyse aynı seviyeye gelmiştir. Kompozite eklenen ZnO nanoparçacıkları Grafen tabakalarının arasına girerek gruplaşmayı etkili bir şekilde önlemiştir. Pik şiddetlerinin daha dengeli bir seviyeye gelmesindeki temel sebep ise artan Zn parçalarının grafeni sönümlendirmesinden kaynaklanabilir. Bu durum FE-SEM analizinde de rahatça gözlenebilir [17].

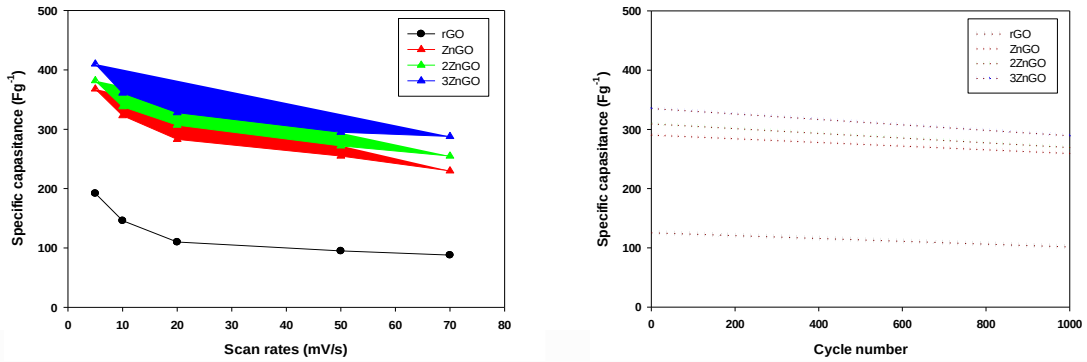


Şekil 4: XRD pikleri a)rGO, b)ZnGO, c)2ZnGO, d)3ZnGO,

3.3. Elektrokimyasal Analiz

Yeşil sentez yöntemiyle elde edilen ZnO farklı oranlarda GO malzemesine katkılanarak oluşturulan ZnGO, 2ZnGO, 3ZnGO kompozit elektrotlarının ve indirgenmiş grafen oksitin tarama hızına bağlı olarak spesifik kapasitans değerlerindeki değişimleri Şekil 5a da verilmiştir. Tüm elektrotlar için tarama hızları 5mV/s,10 mV/s,20 mV/s,50 mV/s ve 70 mV/s olacak şekilde belirlenmiştir. İndirgenmiş GO ve sentezlenen elektrotların 5mV/s tarama hızında en yüksek spesifik kapasitans değerleri sırayla 194.23,

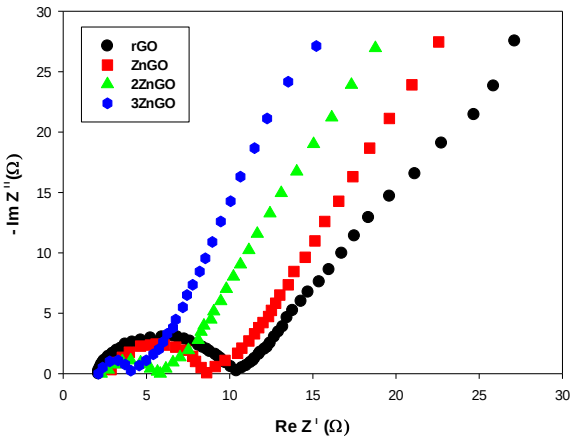
366.81, 383.18 ve 410.48 Fg^{-1} olarak ölçülmüştür. Ayrıca tarama hızı arttıkça spesifik kapasitans değerinin azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 5: a) Elektrotların Tarma Hızına Bağlı Spesifik Kapasitans Değerleri b)Elektrotların Döngü Sayısına Bağlı Spesifik Kapasitans Değerlerindeki Değişimi

Elektrokimyasal analizde ayrıca üretilen elektrotların, spesifik kapasitans değerleri 1000 döngü alınarak hesaplanmıştır. Şekil 5b de görüldüğü gibi 1000 döngü sonunda kapasitans değerlerindeki % azalma oranları birbirlerine yakındır. 1000 döngü sonunda %30 çinko katkılı üretilen elektrotun % olarak spesifik kapasitans değerindeki azalma oranı diğer kompozitlere göre daha azdır. Bu sonuçlar 3ZnGO elektrotun diğerlerine oranla daha uzun ömürlü olduğunu göstermektedir.

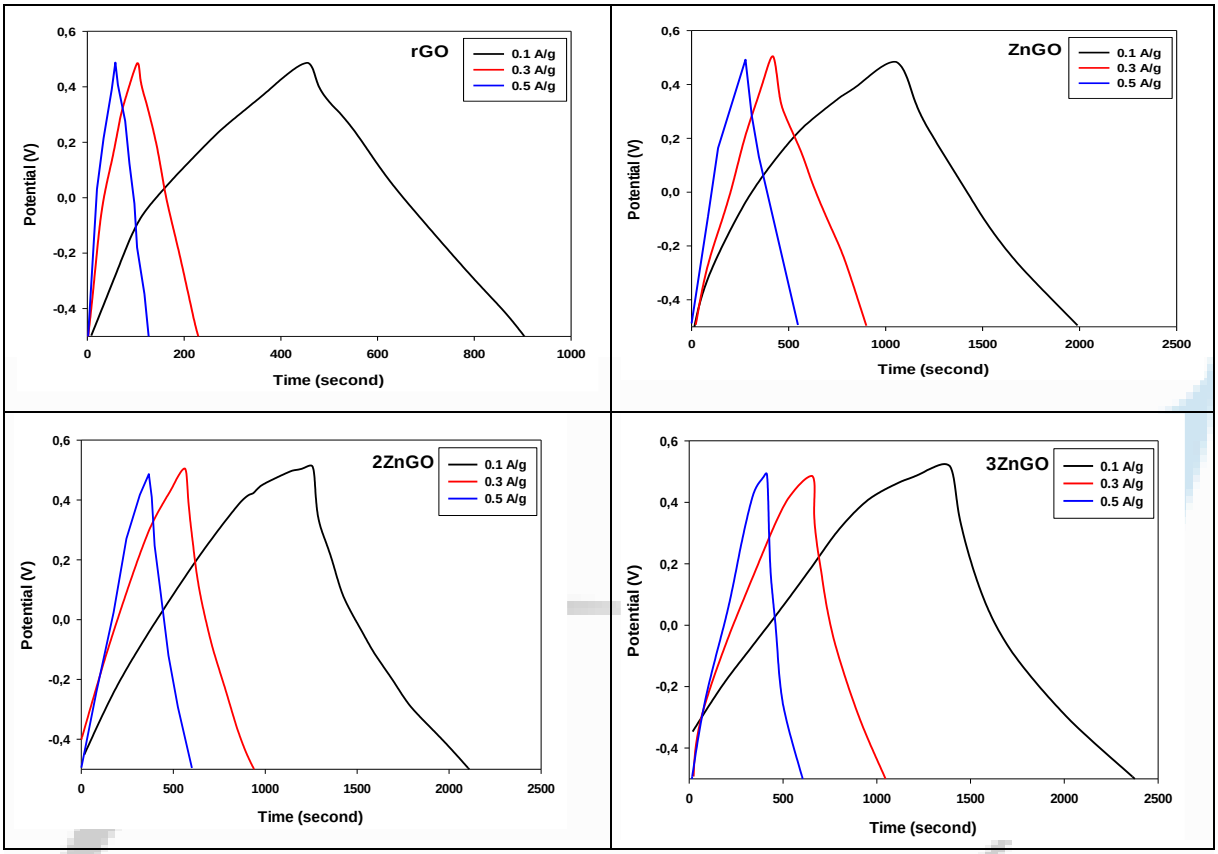
Farklı yüzdelerde ZnO katkılanarak oluşturulan ZnO/GO elektrotlarının elektrokimyasal empedans değerlerini gösteren Nyquist empedans eğrileri Şekil 6 da gösterilmiştir. Nyquist empedans eğrileri elde edilen elektrotların imajinal ve reel empedans değerlerini göstermektedir. Nyquist grafikleri ile x ekseninin kesiştiği yer elektronun öz direncini (ESR) verir. Öz direnç, diğer bir adıyla eşdeğer seri direnç kullanılan elektrolit sıvısının direncini, elektron direncini ve elektrot ile akım taşıyıcı tellerin bağlantı direncini içerir [18]. İndirgenmiş grafen oksit, farklı yüzdelerde ZnO katkılanarak üretilen rGO ZnGO, 2ZnGO ve 3ZnGO elektrotların Nyquist grafiklerine göre eşdeğer seri direnç değerleri sırasıyla 10.5Ω, 8.7Ω, 6.9Ω ve 4,3Ω civarında ölçülmüştür.



Şekil 6: Nyquist Eğrileri

Yükleme / boşalma sırasında, elektrolitten gelen K+ iyonları, ZnGO, 2ZnGO, 3ZnGO, kompozit elektrotlarının yük depolamasını sağlamıştır. İndirgenmiş GO elektrotun ve farklı yüzdelerde ZnO

eklenerek oluşturulan kompozit elektrotların galvanostatik şarj / deşarj eğrileri 0.1, 0.3 ve 0.5 A/g akım yoğunluklarında [0, 0.8] V aralığında ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Şekil 7 de gösterilmiştir.



Şekil 7: Galvonastatik Şarj- Deşarj Eğrileri

Her bir kompozit elektrot için şarj / deşarj eğrilerinde çinko yüzdesinin artmasıyla elektrotların şarj / deşarj sürelerinin arttığı gözlenmektedir. Bu durum süper kapasitörlerde kullanılacak elektrotlar için istenilen bir özelliktir.

SONUÇ

Bu çalışmada, yeşil sentez yöntemiyle portakal kabuğundan ZnO nanopartükülleri elde edildi. Hummers yöntemiyle elde edilen grafen oksit tozu ile belirli yeşil sentez yönntemi kullanılarak üretilen ZnO farklı yüzdelerde katkılanarak kompozit ZnGO, 2ZnGO ve 3ZnGO elektrotları oluşturuldu. Elde edilen ZnO/GO kompozit elektrotların kapasitans değerlerinin değişkenliği incelendi. Hidrotermal yöntemle oluşturulan ZnO/GO kompozit maddelerin XRD analizleri ve FE-SEM görüntüleri incelendiğinde FE-SEM de alınan görüntülerle XRD sonuçlarının birbirini desteklediği açıkça görülmektedir. Farklı yüzdelerde yeşil sentez yöntemiyle elde edilmiş olan çinko oksit malzemesi kullanılarak üretilen ZnO/GO elektrotların kapasitans değerleri incelendiğinde ise 3ZnGO elektrodun 5mV/s tarama hızında en yüksek kapasitans değerine (410,48F/g) sahip olduğu gözlenmiştir. Çinko oksit oranın %30 olmasıyla üretilen 3ZnGO elektrodun kapasitans özelliğinin %20 ZnO ve %10 ZnO ile elde edilen ZnGO ve 2ZnGO elektrotlardan daha iyi olması artan ZnO nanoparçacıklarının grafen tabakalarının arasına girerek yüzey alanını artırmasıyla açıklanabilir. ZnO nano parçacıklarının karışımdaki oranının artmasıyla elektronların tutunmasını kolaylaştırdığı böylelikle spesifik kapasitans değerinin de artmış olduğu görülmektedir. Elektrotların 1000 döngü sonunda spesifik kapasitans değerindeki azalma miktarları % olarak birbirlerine yakındır ve değişim azdır. Bu durum çinko oksit oranının artması, ZnO/GO olarak elde edilen kompozit elektrotlarının uzun ömürlü olmasında etkin rol aldığını göstermektedir. Galvanostatik şarj-deşarj testide çinko oranın artmasıyla doğru orantılı olarak elektrotların şarj deşarj süreleri de değişmektedir. Sonuç olarak doğal, kolay erişilebilir ve çevre dostu

yöntemlerle elde edilen ZnO nano parçacıklarının GO ile senteziyle elde edilen ZnO/GO elektrotlarının spesifik kapasitans özelliklerinin daha yüksek olduğu ve üzerinde yük taşımayı sağlayan yüksek elektronegatif özelliğe sahip kompozit elektrotlar olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

[1] Aktaş, S. (2020). *Simetrik süperkapasitör cihaz performansları ve analizleri* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

[2] Feng, D., Lei, T., Lukatskaya, M. R., Park, J., Huang, Z., Lee, M., ... & Bao, Z. (2018). Robust and conductive two-dimensional metal− organic frameworks with exceptionally high volumetric and areal capacitance. *Nature Energy*, *3*(1), 30-36

[3] TANRIVERDİ, A. (2020). İndirgenmiş Grafen Oksit/Çinko Oksit Kompozitlerin Üretimi ve Süper Kapasitör Uygulamaları. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *7*(1), 201-210.

[4] Hou, J., Shao, Y., Ellis, M. W., Moore, R. B., & Yi, B. (2011). Graphene-based electrochemical energy conversion and storage: fuel cells, supercapacitors and lithium ion batteries. *Physical Chemistry Chemical Physics*, *13*(34), 15384-15402.

[5] T. Suprayogi, M.Z. Masrul, M. Diantoro, A. Taufiq (2019). The Effect of Annealing Temperature of ZnO Compact Layer and TiO 2 Mesoporous on PhotoSupercapacitor Performance The Effect of Annealing Temperature of ZnO Compact Layer and TiO 2 Mesoporous on Photo-Supercapacitor Performance

[6] M.Z. Masrul, T. Suprayogi, M. Diantoro, A. Fuad, E. Latifah, A. Hidayat, The Effect of Light Irradiation on Performance of Photo-Supercapacitor of FTO/TiO 2 - ZnO-b Carotene-Quercetin/Carbon/Al/PVDF-BaTiO 3 /Al, in: IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., IOP Publishing, 2019: p. 12077.

[7] Salavati-Niasari, M., Mir, N., & Davar, F. (2009). ZnO nanotriangles: Synthesis, characterization and optical properties. *Journal of alloys and compounds*, *476*(1-2), 908-912.

[8] Singh, P., Kumar, A., & Kaur, D. (2007). Growth and characterization of ZnO nanocrystalline thin films and nanopowder via low-cost ultrasonic spray pyrolysis. *Journal of Crystal Growth*, *306*(2), 303-310.

[9] Salavati-Niasari, M., Davar, F., & Mazaheri, M. (2008). Preparation of ZnO nanoparticles from [bis (acetylacetonato) zinc (II)]–oleylamine complex by thermal decomposition. *Materials Letters*, *62*(12-13), 1890-1892.

[10] Zhi, M., Xiang, C., Li, J., Li, M., & Wu, N. (2013). Nanostructured carbon–metal oxide composite electrodes for supercapacitors: a review. *Nanoscale*, *5*(1), 72-88.

[11] Li, L., Li, R., Gai, S., He, F., & Yang, P. (2014). Facile fabrication and electrochemical performance of flower-like Fe 3 O 4@ C@ layered double hydroxide (LDH) composite. *Journal of Materials Chemistry A*, *2*(23), 8758-8765.

[12] Fang, L., Zhang, B., Li, W., Huang, K. & Zihang, Q. (2014). Fabrication of highly dispersed ZnO nanoparticles embedded in graphene nanosheets for high performance supercapacitors. Electrochimica Acta. 148, 164-169.

[13] Jayachandiran, J., Yesuraj, J., Arivanandhan, M., Raja, A., Suthanthiraraj, A.S., Jayavel, R. & Nedumaran, D. (2018). Synthesis and electrochemical studies of rGO/ZnO nanocomposite for supercapacitor application. Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials. 28 (5), 2046-2055.

[14] Mohan, R., Kıran, K.A.B.V., Naman, A. & Subha, J. (2014). Studies on electrochemical properties of ZnO/rGO nanocomposites as electrode materials for supercapacitors. Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures. 23, 691-694.

[15] Çolak, H., & Karaköse, E. (2017). Green synthesis and characterization of nanostructured ZnO thin films using Citrus aurantifolia (lemon) peel extract by spin-coating method. *Journal* of Alloys and Compounds, 690, 658-662.

[16] Wang, L., Ji, H., Wang, S., Kong, L., Jiang, X., & Yang, G. (2013). Preparation of Fe 3 O 4 with high specific surface area and improved capacitance as a supercapacitor. Nanoscale, 5(9), 3793-3799.

[17] Kalaiarasi, J., Pragathiswaran, C., & Subramani, P. (2021). Green chemistry approach for the functionalization of reduced graphene and ZnO as efficient supercapacitor application. Journal of Molecular Structure, 1242, 130704.

[18] Zhang, J., Kong, L. B., Cai, J. J., Luo, Y. C., & Kang, L. (2010). Nanoflake-like cobalt hydroxide/ordered mesoporous carbon composite for electrochemical capacitors. Journal of Solid State Electrochemistry, 14(11), 2065-2075.

Presentation ID / Sunum No: 93

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6094-042X

Güneş Enerjisinin Güç Kalitesi Analizi

Araştırmacı Anıl Akpınar[1], Assoc.Prof.Dr. Ercan İzgi[1]
[1]Yıldız Teknik Üniversitesi

*Corresponding author: Anıl Akpınar

Özet: *Dünyada enerjiye olan ihtiyacın artmasıyla ve fosil kaynakların çevreye verdiği zararlardan ötürü alternatif enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün daha da artmaktadır. Özellikle son yıllarda güneş ve rüzgar enerjisinden elde edilen elektrik enerjisinde yüksek bir artış gözlenmektedir. Lakin yeni güneş panellerinin ve rüzgar türbinlerinin şebekeye entegrasyonu bazı problemleri beraberinde getirmektedir. Güneş ve rüzgar enerjisi doğası gereği kesiklidir ve çevre şartlarına bağlıdır. Bu da sistemde gerilim dalgalanmalarına, flickerlara ve frekans değişimlerine sebep olabilmektedir. Hem güneş panelleri hem de rüzgar türbinleri şebekeye entegre edilebilmeleri için güç elektroniği elemanlarına ihtiyaç duymaktadırlar. Bu da sistemde harmoniklere sebep olarak gerilim ve akım dalgalarında bozulmalara sebep olmaktadır. Çalışmamda rüzgar ve güneş enerji sistemlerinde oluşan güç kalite problemleriyle ilgili literatür araştırılması yapılarak, öncesinde oluşan problemler belirlenmiştir. Daha sonrasında MATLAB Simulink programındaki halihazırda tasarlanmış sistemlerden faydalanılarak hatalar gözlenmiştir. Çevre koşulları (sıcaklık, rüzgar hızı, güneşlenme seviyesi), yük, hat uzunluğu, şebeke vb. faktörlerde değişiklikler yapılarak, sistem üzerindeki etkisi gözlenmiştir. Simülasyon sonuçlarında oluşan dalga şekillerinin ve harmonik grafiklerinin görselleri paylaşılmıştır. Bunun yanında sistemdeki güç, toplam harmonik distorsiyonu, gerilim, akım vb. sayısal değerlerde çalışmama eklenmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Güneş enerjisi, güneş paneli, güç kalitesi*

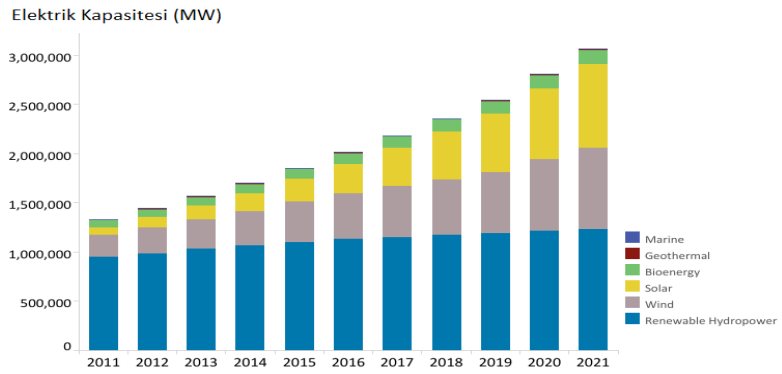
Power Quality Analysis of Solar Energy

Abstract: *With the increasing need for energy in the world and the damage caused to the environment by fossil resources, the need for alternative energy is increasing day by day. Especially in recent years, there is a high increase in electrical energy produced from solar and wind energy. However, the integration of new solar panels and wind turbines into the grid, brings along some problems. Solar and wind energy are intermittent by nature and depend on environmental conditions. This can cause voltage fluctuations, flickers and frequency variations in the system. Both solar panels and wind turbines need power electronics elements in order to be integrated into the grid. This causes harmonics in the system, causing distortions in both voltage and current waves. In my study, a literature review was carried out on the power quality problems occurring in both wind and solar energy systems, and the problems that occurred before were determined. Later, problems were observed via taking advantage of the already designed systems in the MATLAB Simulink program. y changing factors such as environmental conditions (temperature, wind speed, insolation level), load, line length, grid, etc. in the factors, the effect on the system was observed. The images of the waveforms and harmonic graphs formed in the simulation results were shared. In addition, the power in the system, the total harmonic distortion, voltage, current, etc. numerical values have been added to my work*

Keywords: *Solar Energy, solar panel, power quality*

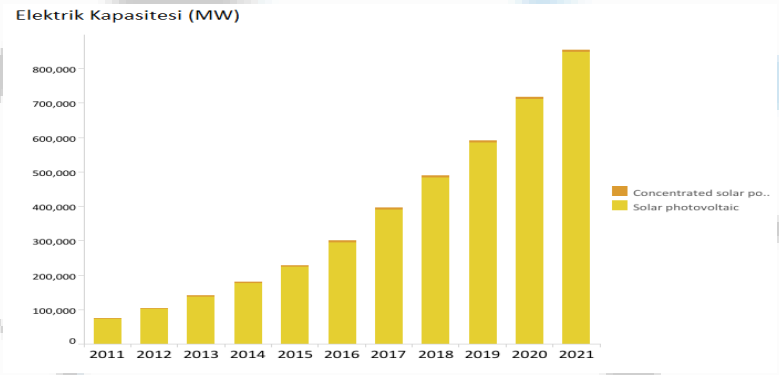
GİRİŞ

Güneş enerjisi; rüzgar enerji, hidroelektrik enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerjisi vb. enerji türlerinin de içinde bulunduğu yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biridir. Özellikle 1980 lerden itibaren fosil kaynakların kullanımdaki artışına bağlı olarak, çevre kirliliği, iklim değişikliği ve atmosferin daha da ısınmasına neden olmaktadır [1].



Şekil 1: Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kurulu Güç Grafiği [2]

Yukarıdaki grafikte 2011 yılından itibaren 10 yıl içerisinde yenilenebilir enerjideki kümülatif büyüme gözükmektedir. 2021 yılında 3068 GW kapasiteye ulaşmıştır. Sadece 2021 yılında 260 GW bir artış olmuştur. Çin 121 GW kapasitelik katkıyla bu piyasada gelişen birinci ülkedir. Hemen arkasından ABD ve Avrupa gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarında kapasitesi en fazla olan hidroelektrik santralleridir. İleriki yıllarda güneş ve rüzgardaki enerji kapasitesi değerlerinin HES leri geçeceği öngörülmektedir [2].



Şekil 2: Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kurulu Güç Grafiği [2]

Yukarıdaki grafikte 2011 ve 2021 yılları arasındaki güneş panellerindeki kurulu güçteki kümülatif artış gözükmektedir. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına nazaran artış oranında birincidir. 2011 yılında 73921 MW'dan 2021 yılında 854976 MW değerine ulaşmıştır. Öncesinde kurulu gücü en fazla olan üçüncü yenilenebilir enerji kaynağı iken son yıllardaki artışa paralel olarak rüzgar enerjisini geçerek ikinci sırada yer almaktadır [2]. Ülkemizde de aynı şekilde güneş panellerinin toplam kurulu gücünde bir artış olmaktadır. 2011 yılında ülkemizde kurulu güç değeri 7 MW iken 2021 yılında 10607 MW değerine ulaşmıştır [3]. Şuan ülkemizde 37 lisanslı, 637 lisanssız güneş paneli bulunmaktadır [4].

GÜNEŞ ENERJİSİNDE OLUŞAN GÜÇ KALİTE PROBLEMLERİ

Güç kalitesi genellikle gerilim ve akım kalitesi, sistemin güvenilirliği ve güç besleme değerlerin olabildiğince sinüzoidal dalga şeklinde ve gerilim - akım arasında bir lineerlik ve dengeli olması, frekansın sabit olması vb. durumlar istenmektedir. Bu üretilen enerjisin hatlar boyunca iletilmesi ve müşterilere dağıtılırken korunulması istenilmektedir. Üretici yanında tüketiciler tarafında da dikkat edilmesi gereken unsurlar bulunmaktadır. Tüketim karaktersitiği de güç kalite problemelerini etkilemektedir. Bulunduğu ortak hatta diğer tüketicilerinde bu durumdan etkilenmesine neden olabilmektedir. Özellikle ark fırını, UPS, elektrik motoru, güç elektroniği elemanları vb. lineer olmayan yükler sistemin güç kalitesini bozmaktadır. Bunun sonucunda dalga şeklinde distorsiyonlar oluşmaktadır. Yıldırım veya sistemde oluşan kısa devre ve hatalarda sistemde oluşan güç kalite

promlemlerini arttıracaktır. Sistemde kullanılan pasif veya aktif filtreler, gelişmiş kontrol sistemleri vb. elemanlarla oluşan bu problemler ortadan kaldırılabilmektedir. [5]. Güç kalite problemleri, oluşan bozulmaya göre kendi içinde farklı sınıflandırılmaktadır. Aşağıda güneş sistemlerinde oluşan güç kalite problemleri açıklanmıştır.

Gerilim Dalgalanması ve Flicker

Güneş ışınımlarının gün içinde sürekli değişmesi gerilim dalgalanmasındaki en önemli sebeplerden biridir. Güneş ışınlarının fazla ve tüketimin az olduğu durumlarda gerilim düşmesine bu durum tersi olması durumunda ise gerilim yükselmesine neden olabilir. Yada sistemde anlık güneş ışınım değerlerinde oluşan sürekli değişmeler dalgalardaki bozulmaları yüksek derecede arttırmaktadır. Sistemde kullanılan gelişmiş kontrol elemanlarıyla bu olabildiğince azaltılmaktadır. Sistemde oluşan gerilim dalgalanmaları, flicker, gürültü, enerji kayıpları, aşırı yüklenme vb. farklı problemleri de beraberinde hetirmektedir. Aynı zamanda şebekenin güçlü olması da bu problemlerin azalmasında önemlidir. Şebekenin güçlü olması şebeke empedansının düşük olması, kısa devre oranın fazla olması, harmonik içermemesi, gerilim ve frekans değerlerinin stabil olması vb. durumlar şebekenin güçlü olduğunu gösterir [6,7].

Harmonikler

Güneş panelleri sisteme entegre olabilmeleri için DC/AC konverterlara ihtiyaç duymaktadırlar. Konverterlardan çıkan gerilim ve akım lineersiz olduğu harmoniklerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu da güneş panellerinde oluşan harmoniklerin en önemli nedenlerinden biridir [7]. Yapılan farklı çalışmalarda, kullanılan konverterın güç değerinin artması akımdaki harmonik değerlerinin az bir artışına sebep olmaktadır. Sistemde konverter adedinin fazla olduğu güç elektroniği topolojilerinin kullanılması durumunda harmonik değerleri azalabilmektedir. Kompleks bir sistemde güneş panelini şebekeden uzaklaştıkça kısa devre akım değerinin azalmasıyla oluşan harmonikler artmaktadır [8,9]. Nominal yük altında işletildiğinde sistem, harmoniklerin diğer durumlara göre az olduğu görülmektedir. Sistemin endüktif yük durumunda omik veya kapasitif yüklere nazaran harmonik değerleri fazladır. Özellikle yük durumunda sadece akım tarafında bozulmalar görülmektedir [10]. Sistemdeki güneşlenme seviyesinin düşük olması sistemdeki harmonikleri ve dalga şeklindeki bozulmaları çok yüksek derecede arttıran bir unsurdur. Sıcaklık değerinin artması ve azalması da harmonik distorsiyonunu üzerinde az bir etki oluşturmaktadır. [11].

Transientler

Sistemde oluşan hatalar, kısa devreler, yıldırım vb. durumlar trasient oluşumlarına neden olmaktadır. Aynı zamanda kontrol sistemi yetersiz olduğunda sistem ilk devreye girme anında veya ani yük artışında da sistemde transient oluşmasına neden olabilmektedir [13].

Aşırı Gerilim

Yükün az, beslemenin fazla olduğu durumlarda kontrol sistemin cevap vermesinin yetersiz olması durumunda hatlarda ani yüksek gerilimler oluşabilir. Bu da şebekeden hatlara akarak sistemdeki yüklere zarar verebilir. Paneller üzerinden şebekelerin aşırı yüklenmelerine neden olmaktadır. Hatlara bağlı motorların ısınmasına, aşırı çalışmalarına ve transformatörlerin ısınmasına, doyuma girmelerine neden olabilmektedir [8].

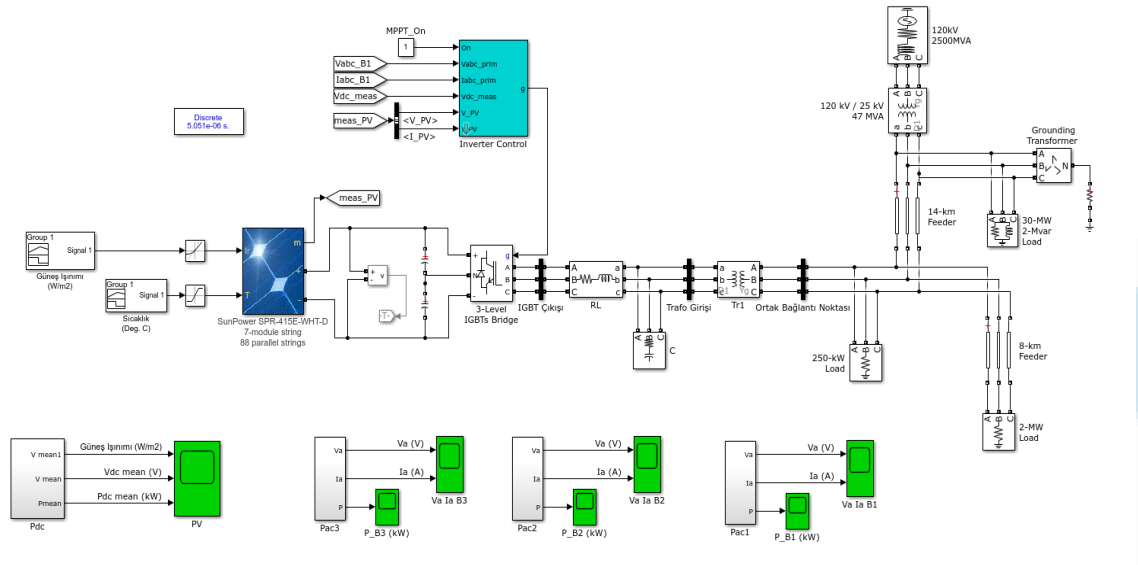
SİMÜLASYON ÇALIŞMASI VE SONUÇLARI

Bu bölümde, MATLAB Simulink içerisinde hazırlanmış “250 kW grid connected PV system” adındaki örnek bir çalışma üzerinde sistemde oluşan güç kalite problemlerini inceleyeceğiz.

Simülasyon

Simülasyonda 7 tane seri, 88 paralel hatlardan oluşan SunPower SPR-415E-WHT-D güneş panellerinden 616 tane kullanılmıştır. Güneş panelleri tarafından üretilen DC gerilimleri AC gerilime çevirmek amacıyla IGBT yarıiletken elemanlardan oluşan bir konverter kullanılmıştır. DC beslemesi toplam 480 V değerinde iki kapasitör üzerinden olmaktadır. Konverter çıkışında konverter tarafında oluşan yüksek frekanslı harmoniklerin bastırılması amacıyla RL şok devresi ve pasif filtre ile oluşturulan yüksek filtreli filter bulunmaktadır. 30, 40, 60 ve 70. dereceden oluşan yüksek değerlikli harmonikler

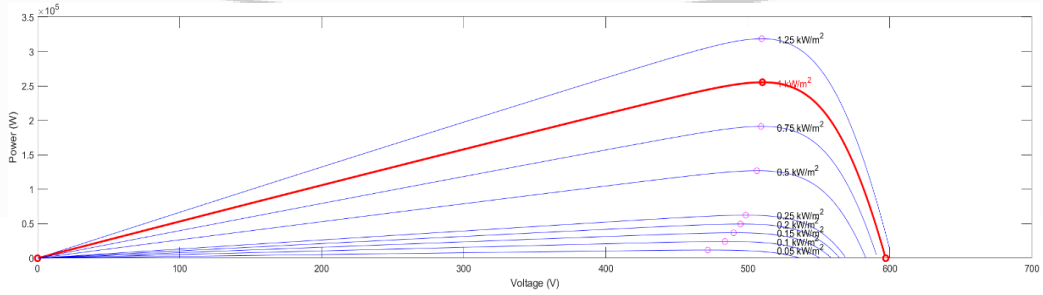
ortadan kaldırılmaktadır. Konverter çıkışı THDv 46,64, THDi 4,87 iken ortak bağlantı noktasında THDv değeri 0,07 ye THDi değeri 1,52 ye düşmektedir. Sistemde maksimum güç elde edebilmek için "Perturb and Observe" tekniğinden faydalanılarak kullanılan üretilen MPPT kontrol bloğu bulunmaktadır. Kontrol bloğu güneş panellerinden maksimum gücü çekebilmek için Vdc regülatörümüm Vdc referans sinyalini sürekli olarak değiştirmektedir Sistemde kullanılan Y/△ bağlı 250 V/25 kV transformatör güneş panelini şebekeye bağlamak için kullanılmaktadır. Ortak bağlantı noktasında da 250 kW omik rezistif yük bağlıdır.



Şekil 3: Güneş Paneli Simülasyonu [MATLAB]

Güneşlenme Seviyesi

Güneş ışınlarının etkilerini uygulamalı olarak görmek için farklı ışınım seviyelerinde oluşan harmonik analizini powergui bloğundaki FFT analiziyle yapılmıştır. Güneş panel sistemi, şebeke ve yükün ortak bağlantığı ortak gerilim noktasındaki değerler işlenmiştir.



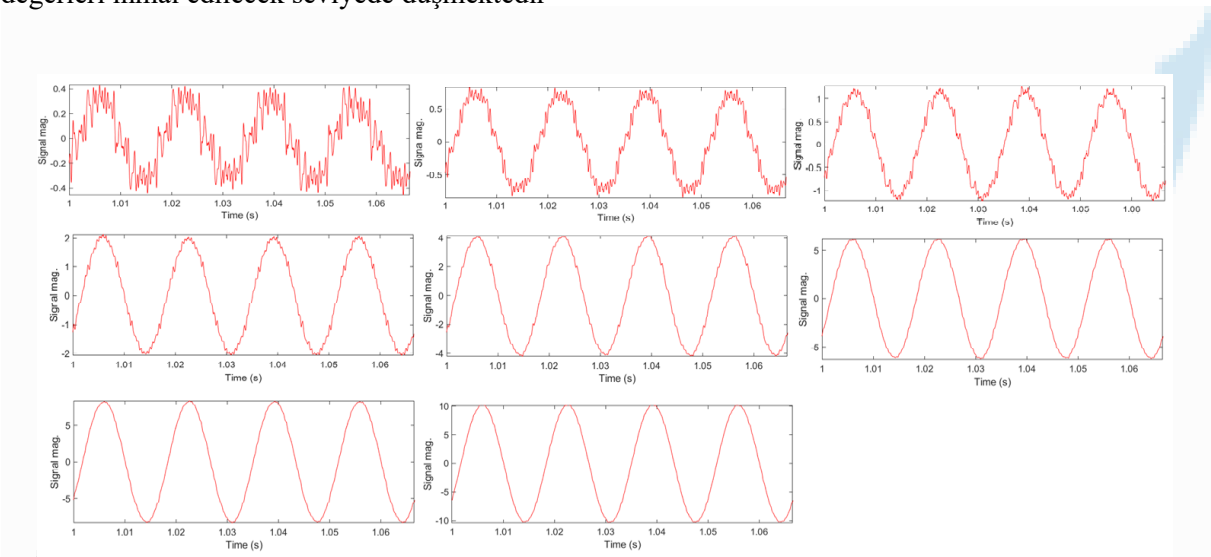
Şekil 4: Farklı ışınım değerlerine göre oluşan P – V grafiği

Tablo 1: Işıma değerlerine baglı gerilim ve akım THD değerleri

Işıma Değerleri (W/m^2)	THD_i	THD_V	Gerilim Değeri (V)	P (kW)
50	38,67	0,07	1433	11,82
100	14,81	0,07	1433	24,27
150	9,91	0,07	1434	36,91
200	6,51	0,07	1434	49,67

Işıma Değerleri (W/m^2)	THD_i	THD_V	Gerilim Değeri (V)	P (kW)
250	4,96	0,06	1434	62,5
500	3,16	0,07	1434	127,1
750	1,82	0,07	1434	191,5
1000	1,52	0,07	1434	255,5
1250	1,10	0,07	1434	318,8

Sistemde nominal güneşlenme seviyesi 1000 W/m^2 dir. Güneşlenme seviyesinin azalması akımdaki harmonikleri çok yüksek oranda etkilemektedir. Gerilim harmonik değerleri ihmal edilebilecek seviyede azdırGüneşlenme seviyesinin düşmesi aktif güç üretimin düşmesine panelin üretimdeki MPPT noktasındaki gerilim seviyesinin de düşmesine neden olmaktadır. Lakin kontrol ortak baradaki gerilim değerleri ihmal edilecek seviyede düşmektedir



Şekil 5: Güneşlenme seviyesine göre akım dalgaları (50, 100, 150 200, 250, 500, 750, 1000, 1250 W/m2 ışıma değerlerinde)

Özellikle 5, 7, 11, 13, 17, 19, 21, 25, 31, 35 ve 37. dereceden üçün katı olmayan tekil harmonikler oldukça artmaktadırlar. Güneşlenme seviyesindeki anlık hızlı değişimlerde sistemde harmonik oluşmasına neden olabilmektedir.

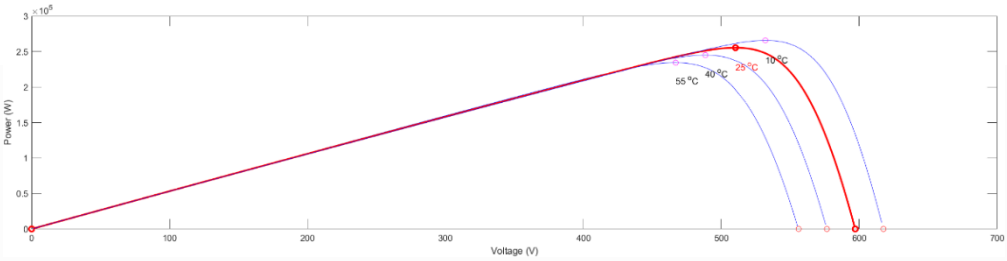
Sıcaklık Seviyesi

Sistemde nominal sıcaklık seviyesi 25 ºC olarak varsayılmıştır. Sistemde sıcaklık seviyesinin etkili olduğunu gözlemek içi farklı sıcak değerlerinde simülasyon çalıştırılmaktadır.

Tablo 2 Sıcaklık seviyesine göre THD ve güç değerleri

Sıcaklık (ºC)	THD_i	THD_v	P (kW)
-10	1,56	0,07	279,4
-5	1,47	0,07	276
0	1,54	0,07	272,7
5	1,47	0,07	269,2
10	1,81	0,07	265,8
15	1,56	0,07	262,4

Sıcaklık (ºC)	THD_i	THD_v	P (kW)
20	1,52	0,07	259
25	1,52	0,07	255,5
30	1,49	0,07	252
35	1,48	0,07	248,5
40	1,60	0,07	245
45	1,62	0,07	241,5
50	1,96	0,07	238
55	1,97	0,07	234,5



Şekil 6: Farklı sıcaklık değerlerine göre güneş panelinin P - V karakteristiği

Güneş panelindeki sıcaklık değerinin azalmasıyla maksimum güç noktasındaki gerilim ve güç değeri azalmaktadır. Ortak bara noktasında rms gerilim değeri sabittir.

Yükün Durumu

Sistemde kullanılan yük lineer ve omik karakterli olup 250 kW değerindedir. Nominal şartlar altında paneller tarafından üretilecek aktif güce denk bir yük sistemde bulunmaktadır. Yükün değeri, karakteristiği ve lineersizliği sistemde güç kalite problemlerini etkilemektedir.

Tablo 3: Sıcaklık seviyesine göre THD ve güç değerleri

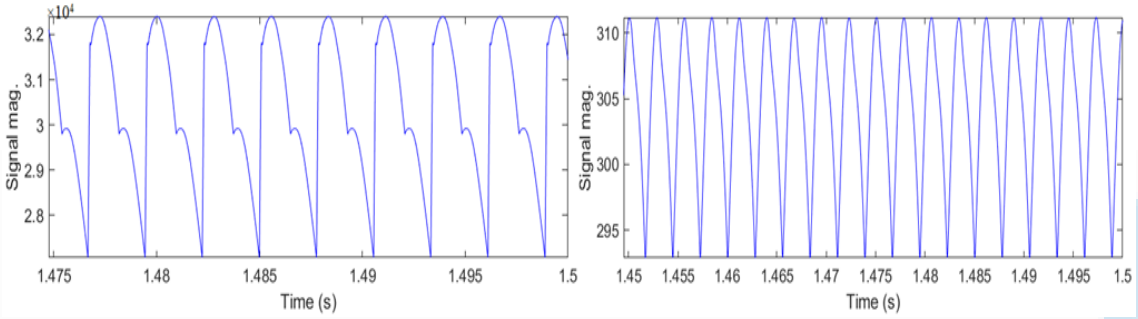
Yük karakteristiği	THD_i	THD_v	Gerilim rms (V)
Omik Yük	1,52	0,07	14340
Endüktif Yük	1,66	0,07	14310
Kapasitif Yük	1,52	0,07	14400

Yapılan çalışmada gerilimdeki harmonikler sabit değerliktedir. Endüktif yük olması durumunda akımdaki harmonikler artmaktadır. Ortak hat üzerinde gerilim rms değerleri endüktif yük durumunda azalırken kapasitif yükte gerilim artışı olmaktadır. Bu da sistemde reaktif güç üretimi ve tüketiminden kaynaklanmaktadır.

Tablo 4: Yükün kapasitesine bağlı bağlı gerilim ve THD değerleri

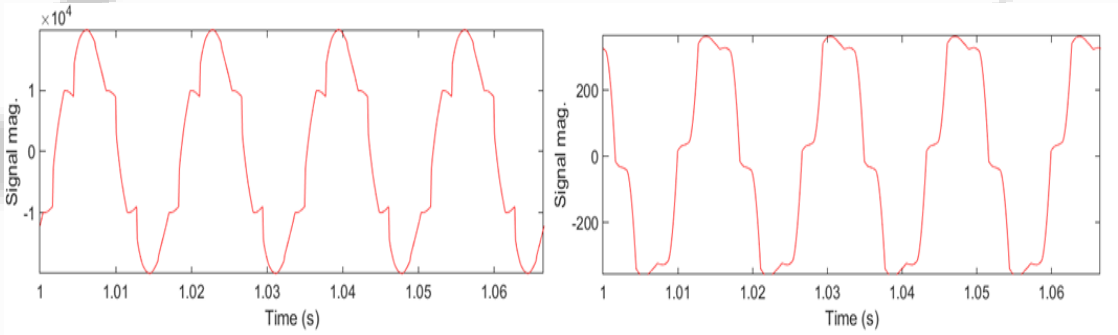
Yükün Değeri	THD_i	THD_v	Gerilim
50 kW	1,60	0,07	14360
150 kW	1,58	0,07	14350
250 kW	1,52	0,07	14340
400 kW	1,66	0,07	14330
700 kW	1,60	0,07	14320

Yükün değişmesi gerilim harmonikleri üzerinde etkisi olmazken akımdaki harmoniklerin az da olsa artmasına neden olmaktadır. Yükün artışına bağlı gerilim düşmesi azalışına paralel de gerilim değeri yükseklmektedir. Yükün karakteristiği ve değeri dışında lineer seviyesi de harmonik oluşumunda diğer durumlara göre çok daha fazla etkilidir. Sistemde bunu simule etmek için iki farkli lineersiz yük kullanılmıştır. Çünkü yükün lineersizlik seviyesi de arttıkça oluşan harmonikler artacaktır. "Universal Bridge" bloğuyla diyotlardan oluşan üç fazlı tam dalga kontrolsüz doğrultucu ve tristörlerden oluşan kontrollü doğrultucu kullanılmıştır. 100 ohm ve 0,1 H lik yükler beslenmektedir. Tristör "pulse generator (thyristor – 6 pulses" bloğuyla tetiklenmektedir. Gecikme açısı 19^o alfa açısı da 40^o girilmiştir.



Şekil 7: Lineer Olmayan Yükün Çıkış Gerilimi ve Akımı

Sistemdeki gerilim ve akım arasındaki lineersizliğie bağlı olarak bağlı bulunduğu hatta bozulmalara sebep olacaktır.



Şekil 8: Lineer olmayan yük sonucu ortak bağlantı noktasındaki gerilim ve akım dalgaları

Sistemde hem gerilimde hem de akımda oluşan THD değerleri yüksek oranda artmaktadır.

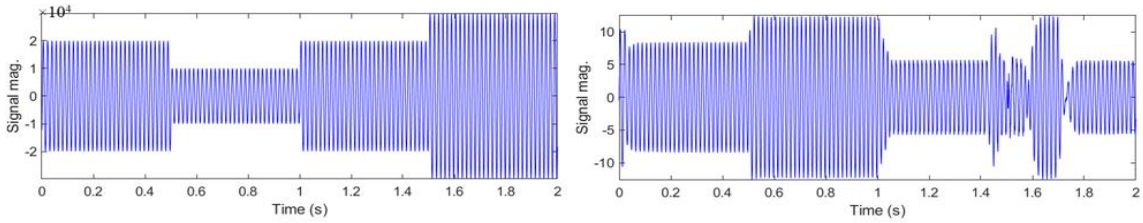
Tablo 5: Lineer yükün entegre edilmesiyle oluşan THD değeri

Yük Durumu	**THD_i**	**THD_V**
Lineer yük	1,52	0,07
Lineer olmayan yük	18,27	14,92

Şebekenin Durumu

Şebekenin güçlü veya zayif olması güç kalite problemlerini etkileyen unsurlardan biridir. Kısa devre oranın azalması, şebekenin empedansını düşük olması, gerilim değişimliklerinin az olması gerilim ve akım lineersizliğinin olmayıp harmonik içermemesi şebenin güçlü olduğunu gösterir. Gerilim

değişimlerini incelemek için normalde 1,5 saniyelik simülasyonu 2 saniye çalıştıracağız. İlk 0,5 saniye normal şartlar altında çalışırken, 0,5 saniyede şebeke gerilimi 0,5 p.u düşmektedir. 1. saniyede tekrar eski haline geldikten sonra 1,5. Saniyede 1,5 p.u değerine yükselmektedir.



Şekil 9: Şebeke değişimlerine bağlı olarak ortak hatta gerilim ve akım dalgaları

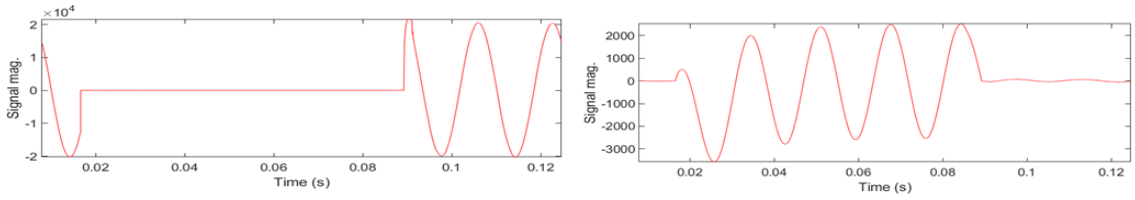
Tablo 5. Şebeke gerilim değişimine bağlı THD değerleri

Zaman Aralığı (s)	THD_v	THD_i
0 – 0.5	0,07	1,52
0.5 - 1	0.17	1,18
1 – 1.5	0.12	9,02
1.5 - 2	0.07	4,41

Özellikle 1,4 ve 1,8 saniyeleri arasındaki çok yüksek dalgalanmalar gözükmektedir. 0,5 ve 1. saniyeden değişimlere parelel akımda azalış ve artış yönünde osilasyonlar oluşmaktadır. Toplam harmonik distorsiyonları bu bozulmalar dışındaki stabil dalgalar için yapılmıştır. Anlık yüksek bozulamalr dışında kalıcı hal durumlarındaki bozulmalarda artmaktadır. Sistemin kontrol mekanizması gerilimi sabit değerde tutmaya çalışmaktadır. Şebeke gerilim artışına ve azalışına paralel bir değişme olmaktadır. Özellikle akımda ani yükselmeler ve bozulmalar gözükmektedir. Şebekelerin kısa devre oranı da güç kalite problemlerinde etkili olabilmektedir. Sistemde şebeke kısa devre gerilim 7 ye eşittir.

Arıza Durumunda

Herhangi bir arıza durumunda sistemde ani yüksek akımlar oluşabilmektedir. Hata, kısa devre ve yıldırım vb. durumlar sistemde yüksek akım değerinde trasientlere neden olabilmektedir. Simülasyonda ortak bağlantı noktasında bir kısa devre, arıza oluştuğunu varsayarak simülasyonu çalıştıracağız. Ortak baraya "three phase fault" bloğunu ekleyerek üç faz arasında kısa devre arızası olmuştur. Hata 1/60 ve 5/60 saniyeleri arasında olmaktadır. Sadece 4 dalga boyunca sürmektedir.



Şekil 10: Şebeke değişimlerine bağlı olarak ortak hatta gerilim ve akım dalgaları

Hataya bağlı olarak gerilim yaklaşık 0 değerlerindeyken, akımda dalgalanma çok yüksek seviyelerde ve 2000 A değerlerine ulaşmaktadır. Hatanın bitmesine paralel eski hakine dönmektedir. Sistemde hata olma anı dışındaki haronik distorsiyonları da artmaktadır. THD_v değeri 0,12 ye, THD_i de 9,09 değerine yükselerek bozulmalar artmaktadır. Hatanın sistemde kalıcı etkilere sebep olduğu gözükmektedir.

Hataya paralel özellike 5. dereceden harmonikler çok yükselmektedir. Bunun yanında üçün katı olmayan harmonikler sistemde yine artmaktadır.

Hat Empedansının Etkisi

Sistemde şebekenin modellenmesinde "feeder" blokları kullanılmıştır. Feeder blokları uzun iletim hatlarının modellenmesinde kullanılmaktadır. Var olan sistemde şebekenin uzak olması arada iletim hatları olması durumunda sistemdeki bozulmaların ne kadar artacağını gözlemleyeceğiz

Tablo 6. Şebeke hat uzunluğuna bağlı THD ve gerilim değeri

Hat Uzunluğu (km)	5	10	15	20
THD_v	0,09	0,12	0,16	0,21
THDi	1,52	1,48	1,49	1,45
Gerilim (rms)	14340	14350	14350	14360

Hat uzunluğuna bağlı olarak sistemin empedans artmaktadır. Bu daharmonik değerlerinin artmasına neden olacaktır. Akımdaki harmonikler başta azalmışken daha sonrasında artmaktadır. Ortak baradaki gerilimde yükseliş olmaktadır. Bunun da sebebi hattın kapasitif etkisinden olmaktadır.

SONUÇLAR

Çalışmada farklı koşullar altında sistemde oluşan bozulmalar ve kalite problemleri incelenmiştir. Çalışmada sebeke ve yükün ortak bağlantı noktası baz alınarak yapılmıştır. Farklı koşullar altında oluşan gerilim değişimleri, toplam harmonik distorsiyonları, dalga şekilleri ve harmonik grafikleri gözükmektedir. Sistemin ilk devreye girmesinde akımdakısa süreli dalgalanmalar oluşmaktadır. Harmonik analizlerinde bu bozulmalar ihmal edilmiştir. Işınım değerinin değişmesinin azalması sistemde akım harmoniklerine ve akım dalga şeklinin çok fazla bozulmasına sebep olmaktadır. Lineer olmayan yükün devreye girmesi hem gerilimde hem de akımda bozulmalara sebep olmaktadır. Şebekenin gerilim değişimleri sistemde özellikle akımda çok yüksek bozulmalara sebep olmaktadır. Yük değerinin artması yada endüktif kapasitif olması, sıcaklığın değişmesi, şebekenin kısa devre oranı ise sadece akım harmoniklerinde az bir değişime sebep olmaktadır. Yükün kapasitif ve endüktif yük olması reaktif güç tüketmesi ve üretmesine paralel hatta gerilim değişimlerine sebep olmaktadır. Sistemdeki arıza durumu da hem gerilimde hem de akımdaki harmonikleri arttırmaktadır. Hata ortadan kalmasına rağmen bozulmalar devam etmektedir. Hata anında yüksek transient oluşmaktadır. İletim hattının eklenmesi ve uzamasına paralel gerilimde ve akımda harmonik değerleri artmaktadır. Sistemde kontrol mekanizması gerilim değerlerini özellikle sabit tutarak oluşan hataları önlemeye çalışmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Campillo, J. and Yan, J. (2008). "Global solar photovoltaic industry analysis with focus on the Chinese market", Department of Public Technology of Malardalen University

[2] IRENA (2022). "Solar Energy", http://www.irena.org/Energy-Transition/Technology Solar-energy

[3] EPDK (2022). "Elektrik", http://www.epdk.com.tr

[4] Enerji Atlası (2022). "Güneş Enerji Santralleri, http://www.enerjiatlasi.com/gunes

[5] Dugan, M.F., McGranaghan, M. F., Santoso, S. and Beaty, H. W. (2002). Electrical Power System Quality, McGraw Hill, USA

[6] Chua, K. H., Wong, J., Lım, Y. S., Taylor, P., Morrıi, E., and Morris, S. (2021). "Voltage Unbalance Mitigation in Low Distribution Networks with Photovoltaic Systems", Jounal of Electrical Science Technology of China, 2021 (10): 1-6.

[7] Arıcı, N. ve İskender, A., (2016) "Fotovoltaik Güneş Santrallerinde Şebeke Bağlantı Sorunları ve Çözümleri", Politeknik Dergisi, 2016 (23): 215-220.

[8] Rahimi, K., Mohajeryamı, S., and Majzoobı, A. (2016) "Effects of Photovoltaic Systems on Power Quality", North American Power Symposium, 2016, 1-6.

[9] Nelson, J. A. (2010). Effects Of Cloud-Induced Photovoltaıc Power Transıents On Power System Protectıon, Master's Degree Thesis, California Polytechnic State University, USA.

[10] Chidurala, A., Saha, T. and Mithulananthan, N., (2015). "Harmonic charaterization of grid connected PV systems & validation with field measurement", 2015 IEEE Power & Energy Society General Meeting, 2015

[11] Torquato, R., Saha, Trindade, F. C. L. and Freitas, W., (2014). "Analysis of the Harmonic Distortion Impact of Photovoltaic Generation in Brazilian Resindatial Networks", 16th International Conference on Harmonics and Quality of Power, 2014

[12] Vinayagam, A., Aziz, A., PM, B., Chandran, J. and Veerasamy, V. (2019). "Harmonics Assesment and Mitigation in Photovoltaic Integrated Network", Sustainable Energy Grid and Network, 2019 (20)

[13] Tianqi, X., Jishu, P., Yanbo, J., Hou, H. and Li, Y. "The Effect of Three-phase Voltage Imbalance at PCC on Solar Panel Output Power" Procedia Computer Science, 2015 (52): 1218-1224.

Presentation ID / Sunum No: 94

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6094-042X

Rüzgar Enerjisinin Güç Kalitesi Analizi

Araştırmacı Anıl Akpınar[1], Assoc.Prof.Dr. Ercan İzgi[1]
[1]Yıldız Teknik Üniversitesi

**Corresponding Author: Anıl Akpınar*

Özet: *Dünyada enerjiye olan ihtiyaç her geçen yıl daha da artmakta ve enerji kaynaklarını stratejik bir konuma getirmektedir. Gas emisyonundan ötürü, çevreye verdiği zararlardan dolayı ve dünyada kısıtlı olmasından ötürü fosil kaynakların yerine, yeni enerji kaynaklarına olan ihtiyaç her geçen yıl daha da artmaktadır. Bu da rüzgar enerjisinden elde edilen elektrik enerjisinde büyük bir artışı tetiklemektedir. Yenilenebilir enerji kaynağında kurulu güç güç bazında artışın en fazla olduğu ikinci enerji kaynağıdır. HES ve güneş enerjisinden sonra en fazla kurulu güce sahip olan üçüncü yenilenebilir enerji kaynağıdır. Ama yeni rüzgar türbinlerinin şebekeye entegre edilmeleri bazı problemleri beraberinde getirmektedir. Rüzgar türbinleri şebekeye entegre edilebilmeleri için güç elektroniği elemanlarına ihtiyaç duymaktadırlar. Bu da sistemde harmoniklere sebep olarak gerilim ve akım dalgalarında bozukluklara neden olmaktadır. Rüzgar hızı doğası gereği sürekli değişkendir ve bu da sistemde gerilim ve frekans dalgalanmalarına, flickerlara vb. güç kalite problemlerine neden olabilmektedir. Çalışmamda rüzgar türbinlerinde oluşan güç kalite problemleriyle ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Daha sonrasında MATLAB Simulink uygulamasındaki halihazırda tasarlanılmış sistemlerden faydalanarak, hatalar gözlenmiştir. Rüzgar hızı, yük, şebeke vb. faktörleri değiştirerek, bu değişikliklerin sistem üzerinde etkisi gözlenmiştir. Simülasyon sonuçlarında oluşan dalga şekilleri ve harmonik grafikleri paylaşılmıştır. Ayrıca sistemdeki güç, gerilim, akım, toplam harmonik distorsiyonları vb. değerlerde çalışmama eklenmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Rüzgar Enerjisi, Rüzgar Türbinleri, Güç Kalitesi*

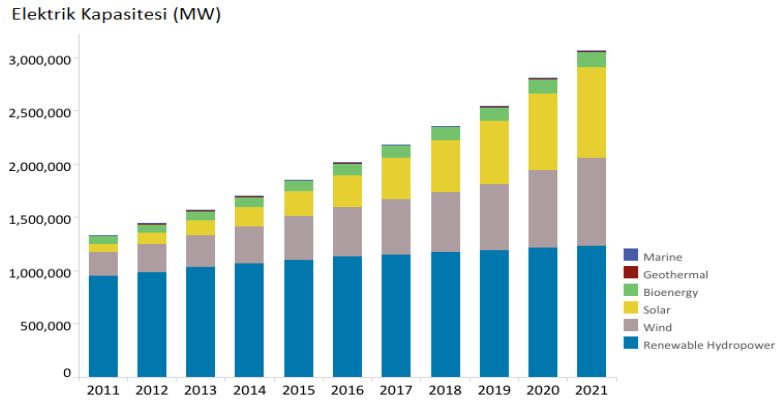
Power Quality Analysis of Solar and Wind Energy

Abstract: *The need for energy in the world is increasing each year and puts energy resources in a strategic position. Due to the emission of gas, giving damage to the environment and being limited in the world, the need for new energy sources instead of fossil sources is increasing each year. This triggers a huge increase in electrical energy produced by wind energy. In the renewable energy source, the wind energy is the second energy source with the highest increase in terms of installed power. It is the third renewable energy source with the highest installed power after HES and solar energy. However, the integration of new wind turbines into the grid brings along some problems. Wind turbines need power electronic elements in order to be integrated into the grid. This causes harmonics distortions in voltage and current waves. Wind speed is constantly variable by the nature, which causes voltage and frequency fluctuations, flickering, etc. in the system. In my study, a literature review was conducted about power quality problems in wind turbines. Then, quality problems were observed by using the systems designed in the MATLAB Simulink software. Wind speed, load, grid etc. the effects of these changes on the system were observed by changing the factors. The waveforms and harmonic graphs formed as the simulation results were shared. In addition, power, voltage, current, total harmonic distortions etc. in the system, values added to my work.*

Keywords: *Wind turbines, wind energy, power quality*

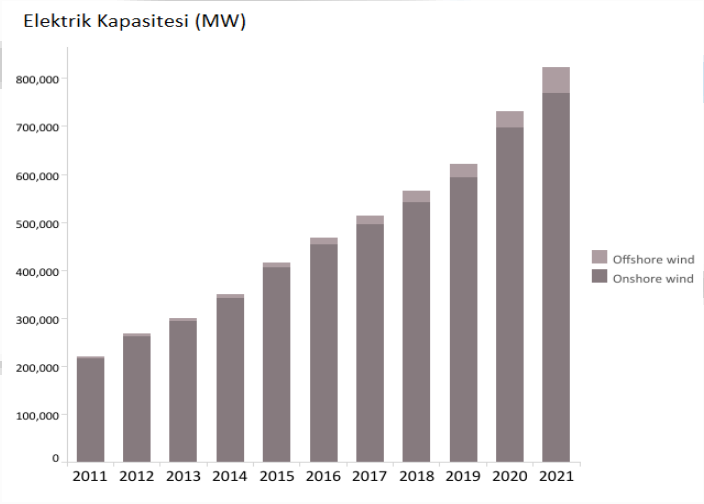
GİRİŞ

Güneş enerjisi; rüzgar enerji, hidroelektrik enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerjisi vb. enerji türlerinin de içinde bulunduğu yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biridir. Özellikle 1980 lerden itibaren fosil kaynakların kullanımdaki artışına bağlı olarak, çevre kirliliği, iklim değişikliği ve atmosferin daha da ısınmasına neden olmaktadır [1].



Şekil 1. Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kurulu Güç Grafiği [2]

Yukarıdaki grafikte 2011 yılından itibaren 10 yıl içerisinde yenilenebilir enerjideki kümülatif büyüme gözükmektedir. 2021 yılında 3068 GW kapasiteye ulaşmıştır. Sadece 2021 yılında 260 GW bir artış olmuştur. Çin 121 GW kapasitelik katkıyla bu piyasada gelişen birinci ülkedir. Hemen arkasından ABD ve Avrupa gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarında kapasitesi en fazla olan hidroelektrik santralleridir. İlerili yıllarda güneş ve rüzgardaki enerji kapasitesi değerlerinin HES leri geçeceği öngörülmektedir.



Şekil 2. Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kurulu Güç Grafiği [2]

Yukarıdaki grafikte de rüzgar türbinlerinin 2011 – 2021 yılları arasındaki kurulu gücün yıllara göre kümülatif olarak artışı gözükmektedir. 2011 yılında 220121 MW kurucu güce sahipken 2021 yılının sonunda 823484 MW değerine ulaşmıştır. Başta güneş panellerine nazaran daha yüksekken 2021 yılında kurulu gücü en fazla üçüncü yenilenebilir enerji kaynağı olmuştur[2].

Ülkemizde de aynı şekilde yenilenebilir enerji konunda kayda değer gelişmeler yaşanmaktadır. Rüzgar enerjisinde de 2011 yılında 1729 MW olan kurulu güç 2021 yılında 10607 MW değerine ulaşmıştır[3]. Ülkemizde rüzgar türbinleri hidroelektrikten sonra ikinci kurulu gücü en fazla olan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bunun içinde verilen sınır değerde belirli yıllarda arttırılarak 2019 yılında 5 MW değerine ulaşmıştır. Rüzgar türbinlerinde 267 lisanslı, 17 lisanssız rüzgar çiftliği bulunmaktadır[4].

RÜZGAR ENERJİSİNDE OLUŞAN GÜÇ KALİTE PROBLEMLERİ

Güç kalitesi genellikle gerilim ve akım kalitesi, sistemin güvenilirliği ve güç besleme kaynaklarının kalitesini belirtmek amacıyla kullanılan bir terimdir. Şebeke akım ve gerilim değerlerinin olabildiğince sinüzoidal dalga şeklinde ve gerilim - akım arasında bir lineerlik ve dengeli olması, frekansın sabit

olması vb. durumlar istenmektedir. Bu üretilen enerjisin hatlar boyunca iletilmesi ve müşterilere dağıtılırken korunulması istenilmektedir. Üretici yanında tüketiciler tarafında da dikkat edilmesi gereken unsurlar bulunmaktadır. Tüketim karaktersitiği de güç kalite problemelerini etkilemektedir. Bulunduğu ortak hatta diğer tüketicilerinde bu durumdan etkilenmesine neden olabilmektedir. Özellikle ark fırını, UPS, elektrik motoru, güç elektroniği elemanları vb. lineer olmayan yükler sistemin güç kalitesini bozmaktadır. Bunun sonucunda dalga şeklinde distorsiyonlar oluşmaktadır. Yıldırım veya sistemde oluşan kısa devre ve hatalarda sistemde oluşan güç kalite promlemlerini arttıracaktır. Sistemde kullanılan pasif veya aktif filtreler, gelişmiş kontrol sistemleri vb. elemanlarla oluşan bu problemler ortadan kaldırılabilmektedir. [5]. Güç kalite problemleri, oluşan bozulmaya göre kendi içinde farklı sınıflandırılmaktadır. Aşağıda rüzgar sistemlerinde oluşan güç kalite problemleri açıklanmıştır.

Gerilim Dalgalanması ve Flicker

Rüzgar türbinleri farklı rüzgar hızlarında işletilmektedir. Rüzgar hızlarındaki bu ani değişmeler gerilim dalgalanmalarına sebep olur. Bu da sistem için olumsuz bir durum oluşturmaktadır. Gerilimdeki dalgalanmalar dışarıdan görsel olarak fark edilmesi durumunda ise flicker olarak anılmaktadır. Rüzgar türbinleri ilk devreye alındığında, anahtarlandığında veya aktif ve reaktif güçteki dalgalanmalar türbin kaynaklı oluşan flickerin en önemli sebeplerinden bazılarıdır. Hız kontrolü açısından rüzgar türbinlerini ayırdığımızda, sabit hızlı rüzgarlarda bu tip durumlara daha çok rastlanmaktadır. Değişken hızlı rüzgar türbinlerindeki dalgalanmalar daha az olacaktır. Bunun da sebebi, aktarılan enerjideki sürekli değişmeler bu bozulmaların şebeke kısmına aktarılmasını engelleyerek yumuşatıcı bir etki oluşmasını sağlar. Gerilim dalgalanmalarını ve flicker oluşumundaki sebepler ikiye ayrılır. Bunlar türbinin bulunduğu bölgenin rüzgar karakteristiği, diğeri de bağlandığı şebekenin durumudur [6]. Ortalama rüzgar hız değeri de gerilim dalgalarında etkileyici bir unsurdur. Rüzgar hızında değişmeler olmadığını varsayarsak, rüzgar hızı arttıkça gerilim dalgalanmaları da daha fazla olacaktır. Lakin bu durum, nominal hız değerine ulaşıncaya kadar devam etmektedir. Daha üst hız değerlerinde ise dalgalanmalar değişken hız ile işletilmesi ve pitch angle modülasyonu vb. kontrol sistemleri bu durumun yavaşlamasını sağlayacaktır. Sabit hızlı rüzgar türbinlerinde bu durum geçerli değildir [7]. Değişken hızlı rüzgar türbinlerinde PMSG kullanılanlarda oluşan gerilim dalgalanmaları DFIG kullanlara nazaran daha yüksek seviyededir [8]. Rüzgârın durumu dışında gerilim dalgalarında bir diğer unsur ise şebekenin kendisidir. Sabit hızlı rüzgâr türbinlerinde kullanılan asenkron generatörler reaktif güç çekme isteklerinden sistemde gerilim dalagalanmalarının artmasına sebep olacaktır. Lakin, kullanılan kompanzasyon gruplarıyla bu durum azaltılmıştır. Değişken hızlı rüzgar türbinlerinde senkron generatörler yada çift beslemeli asenkron generatörler kullanılmaktadır. Senkron generatörler flicker üretimine neden olmazlar. Çift beslemeli asenkron generatörlerdeki üretilen flickerlerlarda güç elektroniği elemanlarının kontrolüyle yük akışı kontrol edilerek flicklerlar minimize edilmeye çalışır. Şebekenin kısa devre oranı değeriyle oluşacak dalgalanmalar arasında zıt bir oran bulunmaktadır. Şebekenin faz açısı güç akışında değişmelere sebep olarak sistemde gerilim dalgalanmalarının değişmesinde etkili olabilmektedir [6].

Harmonikler

Rüzgar türbinlerinde oluşan harmoniklerin en önemli kaynağı güç elektroniği elemanlarından kaynaklanmaktadır. Type-3 ve Type-4 modellerinde güç elektroniği elemanları kullanılmaktadır. Bu yüzden de bu tip konfigürasyonlarda harmonik oluşumu yüksektir. Özellikle 5. ve 7. Dereceden oluşan harmonikler ve onu takiben 11. ve 13. dereceden oluşan tekil harmonikler yüksek seviyelerdedirler. Genellikle üçlü harmonikler ihmal edilebilmektedir. Üç fazlı dengeli sistemlerde birbirini sönümlendirmektedirler. Güç elektroniği elemanları dışında kullanılan diğer ekipman tarafından kaynaklı harmonik oluşumuda gerçekleşebilir. Ama güç elektroniği elemanlarına nazaran çok daha az seviyelerdedirler. Type-1 de rüzgar türbini ilk devreye girdiğinde ani yüksek oluşacak akımları önlemek için kullanılan soft-starter kaynaklı harmonikler oluşmaktadır. Ama bunlar oldukça az seviyededir. Hatlarda kullanılan transformatörler de diğer harmonik kaynağı olabilmektedir. İlk enerjilendirildiğinde yada transformatör doyuma geçtiğinde sistemde harmonik oluşumlarına neden olabilmektedir [9].

Transientler

Sistemde oluşan hatalar, kısa devreler, yıldırım vb. durumlar trasient oluşumlarına neden olmaktadır. Aynı zamanda kontrol sistemi yetersiz olduğunda sistem ilk devreye girme anında veya ani yük artışında da sistemde transient oluşmasına neden olabilmektedir [10].

Frekans Değişimi

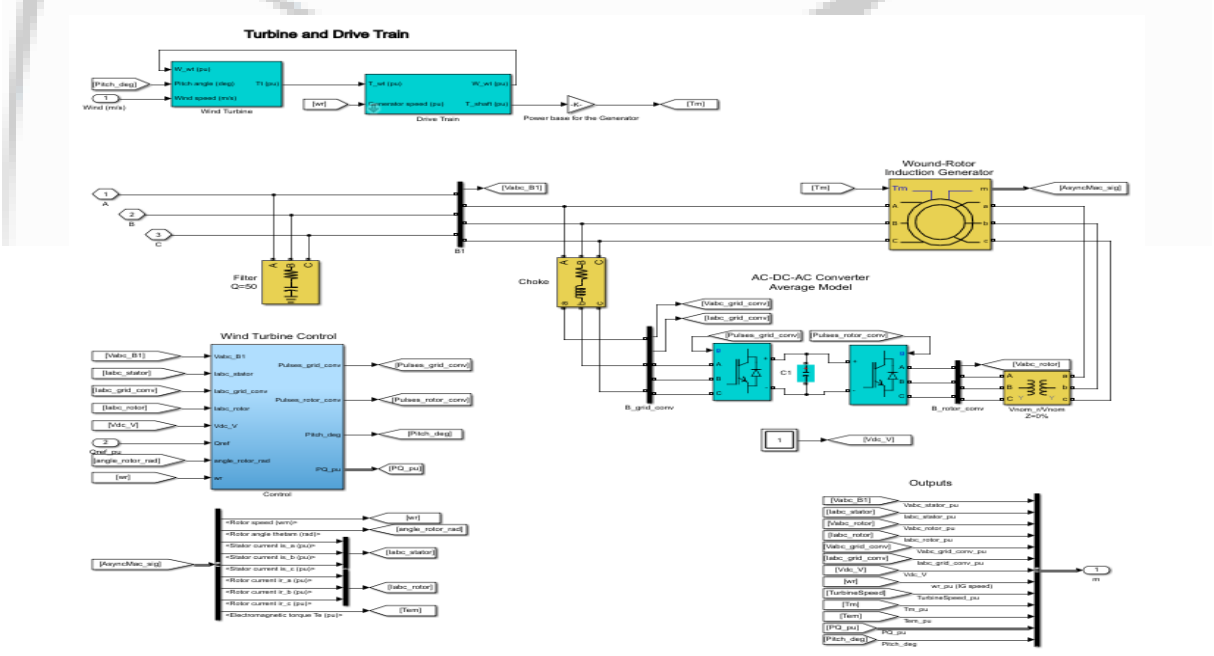
Frekansdaki değişim tüketim ve üretim arasındaki güç farkından kaynaklanmaktadır. Güç tüketimi ve üretimi arasında bir dengenin sağlanması çok önemlidir. Eğer üretilen ve tüketilen güç birbirine eşitse herhangi bir frekans değişimi olmayacaktır. Eğerki üretilen güç daha fazla olursa frekans artacak, üretilen güç daha az olursa sistemdeki frekans düşecektir. Tüketim kısmında bir artış olursa farklı üretim kaynakları devreye alınarak istenilen talep karşılanmaya çalışılır yada bazı tüketim kaynakları devreden çıkarılarak üretim ve tüketim arası denge sağlanmaya çalışılır. Üretim fazla olduğu takdirde ise, fazla üretim kaynakları devreden çıkarılarak denge sağlanmaktadır. [11].

SİMÜLASYON ÇALIŞMASI VE SONUÇLARI

Bu bölümde, MATLAB Simulink içerisinde hazırlanmış "Wind Farm – DFIG Detailed Model" adındaki örnek bir çalışma üzerinde sistemde oluşan güç kalite problemlerini inceleyeceğiz.

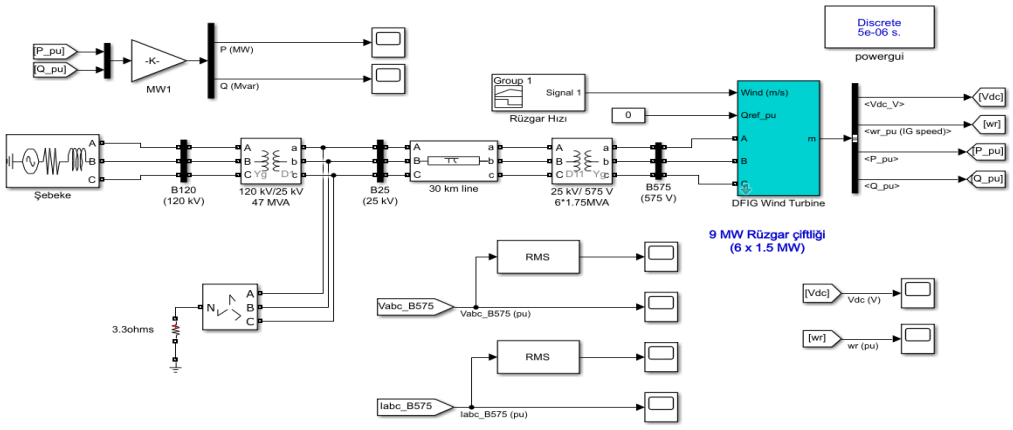
Simülasyon

Simülasyonda 1.5 MW değerinde 6 tane rüzgar türbinleri kullnılarak toplamda 9 MW rüzgar çiftliği bulunmaktadır. Rüzgar türbinlerinin toplamda dört tip güç elektroniği bağlantu şeması bulunbmaktadır. Çalışmamda çift sargılı asenkron generatör kullanan ve bu generatöre paralel bağlanmış iki dönüştürücülü şema olan tip-3 model seçilmiştir. Bağlantı şemasının modellenmesi güç elektroniği elemanlarıyla yapıldığı için oluşan kalite problemlerini ve harmonikleri daha iyi gözlenebileceği için bu model seçilmiştir. Her iki konverterda DC kapasitör tarafında oluşturulan DC gerilimi AC gerilime çevirmek için kullanılmaktadır. Bir dönüştürücü rotorun kontak halkalarına bağlıdır. Diğeri de üç fazlı sistemden fırçalara ve statora bağlıdır. Türbinler tarafından absorbe edilen rüzgar gücüyle elektriksel güç elde edilmektedir. Stator ve rotor aracılığıyla bu güç sisteme aktarılmaktadır. Sistem içerisindeki kontrol sistemi pitch angle'ı değiştirerek, konverterları kontrol ederek DC kapasitör gerilimini, reaktif gücü ve şebeke terminalindeki gerilimleri kontrol etmektedir.Güç üretimi için türbin tarafındaki tork değeri ve buna bağlı açısal dönüş hızı pozitif olduğu takdirde elektriksel güç üretimi olmaktadır. Buradan üretilen güç rotor tarafından rotor tarafındaki dönüştürücüye aktarmaktadır. Bu durumda generatör senkron hızın üstünde ve kayma faktörü negatif olmaktadır. Bu durumda DC gerilim yükselme eğiliminde olacak. Bu durumda şebeke tarafındaki dönüştürücü şebekeye aktif güç vererek DC kapasitör gerilimini sabit 1150 V değerinde tutmaya çalışmaktadır. Aynı durum tersi içinde geçerlidir. Türbin torku ve dönüş hızı negatif ise elektriksel güç harcanmaktadır. Bu durumda senkron hızın altında çalışılarak kayma değeri pozitif olacaktır. Bu durumda DC gerilim azalma eğiliminde olacaktır. Şebeke tarafındaki konverterlar sistemden aktif güç çekerek DC gerilimi sabit tutmaya çalışacaktır.



Şekil 3: Rüzgar Türbini Simülasyonu [MATLAB]

Rotor tarafındaki konverterın tetikleme frekansı 27, şebeke tarafındaki konverterın tetikleme frekansı 45 dir. Bu yüzden şebeke tarafında 45. dereceden ve bu harmoniklere ardışık sayılarda harmonikler oluşacaktır. Bu yüksek dereceden harmonikleri sistemden elimine etmek için yüksek filtre devreyi modelleyen iki devre elemanı sisteme bağlanmıştır.



Şekil 4: Rüzgar Türbini Simülasyonu [MATLAB]

9 MW rüzgar çiftliğindeki hat 575 V değerindedir. Sistemde 575 V/25 kV değerinde 6*1.75 MVA güç değerinde ve 120 kV / 25 kV değerinde 120 kVA güç değerinde iki transformatör kullnılmıştır. Bu transformatörler arasından 30 kmlik hattı modelleyen pi hattı bulunmaktadır. Daha sonrasında da 120 kV değerinde üç fazlı besleme kaynağı ile şebeke modellenmiştir.

Rüzgar Hızı

Sistemde rüzgar hızına bağlı olarak nominal hız değeri 15 m/s dir. Sistem bu hız değerinin üzerinde bozulamalar az bir değerde de olsa artış oluşmaktadır. Nominal hız değerinin altında gerilimdeki bozulmalar azalırken akımdaki bozulmalar artmaktadır. Özellikle düşük rüzgar hızlarında bu artış daha da büyümektedir Bu değerinin altında rüzgar hızına bağlı azalma sonucunda üretilen aktif güç azalma eğiliminde olmaktadır. Üstünde bu değerler bazında az bir değişim olmaktadır. Sistem gerilim değerini sabit çok az bir değişme olmakta ve azalmaktadır. Sistemde reaktif güç enjekte etmektedir. Buna bağlı gerilimde de çok az bir düşüş yaşanmaktadır. Aktif güç azaldığından ve gerilimde yaklaşık sabit tutulduğu varsayılırsa akımda bir düşüş yaşanmaktadır. Bunun sebebi de sistemde konverterın nominal değerlerinin altında çalıştırıldığında harmonik bozulamalarının artmasına sebep olmaktadır. Bu da konverterlar arasındaki dc kapasitörlerdeki gerilim değerinden kaynaklanmaktadır. Üretim düşüşüne bağlı harmonik değerleri artmaktadır. Nominal rüzgar hızının üstünde rüzgar türbinlerinin ilk hal durumundan çıkması daha uzun sürmekte, gerilim ve akımdaki dalgalanmalar sistemde daha uzun süre kalmaktadır.

Tablo 1: Rüzgar hızına bağlı THD, V, I, P, Q değerleri

Rüzgar Hızı (m/s)	THD_v	THD_i	V_{rms}	I_{rms}	P	Q
24	2,17	0,99	0,7216	0,6211	0,8962	-0,0044
21	2,02	0,96	0,7213	0,6185	0,892	-0,005512
18	2,05	0,85	0,7217	0,6253	0,9027	-0,005091
15	1,99	0,81	0,7218	0,6234	0,8997	-0,004334
12	1,89	0,83	0,7221	0,5706	0,824	-0,004678
9	1,89	1,85	0,7189	0,2714	0,3905	-0,001423
6	1,84	3,39	0,7149	0,1248	0,1781	0,005873
3	1,83	4,85	0,7124	0,06207	0,0877	0,008907

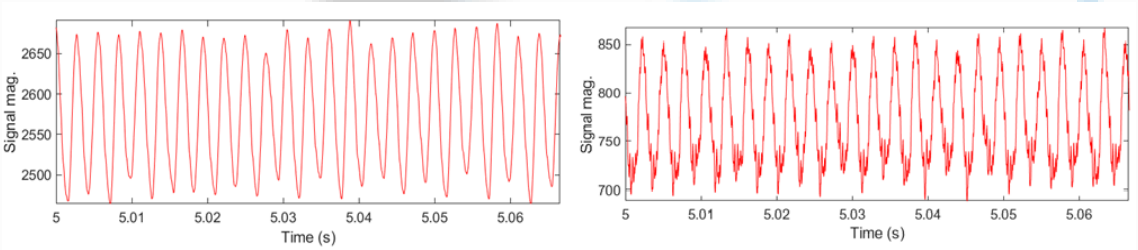
Yükün Durumu

Endüktif yük ve kapasitif yük kullanımına bağlı hattan reaktif güç çekilmekte veya enjekte edilmektedir. Buna bağlı olarak reaktif güç artmakta veya azalmaktadır. Bu da endüktif hatta gerilim düşümüne, kapasitif hatta da gerilimin yükselmesine neden olmaktadır. Sistemde normalde yük bulunmamaktadır Kapasitif yük durumunda sistemde harmonik distorsiyonları minimum seviyededir. Endüktif ve omik yükün bağlanmasına bağlı harmonik distorsiyonlarında artış gözlenmiştir.

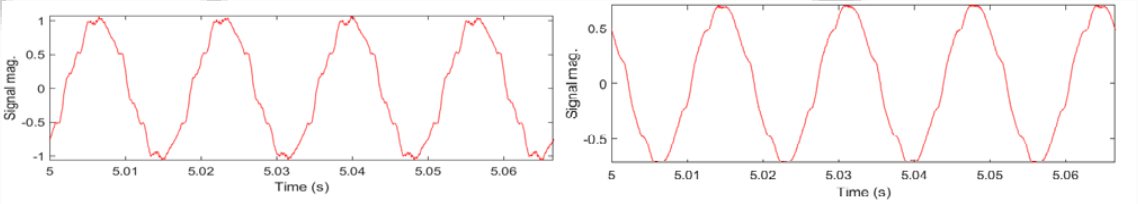
Tablo 2: Rüzgar hızına bağlı THD, V, I, P, Q değerleri

Yükün arakteristiği	THD_v	THD_i	V_{rms}	I_{rms}	P	Q
Endüktif Yük	2,07	0,73	0,6121	0,7024	0,8931	0,161
Kapasitif Yük	0,71	0,47	0,7787	0,4468	0,9001	-0,706
Omik Yük	1,31	2,85	0,7145	0,1245	0,9	0,004424

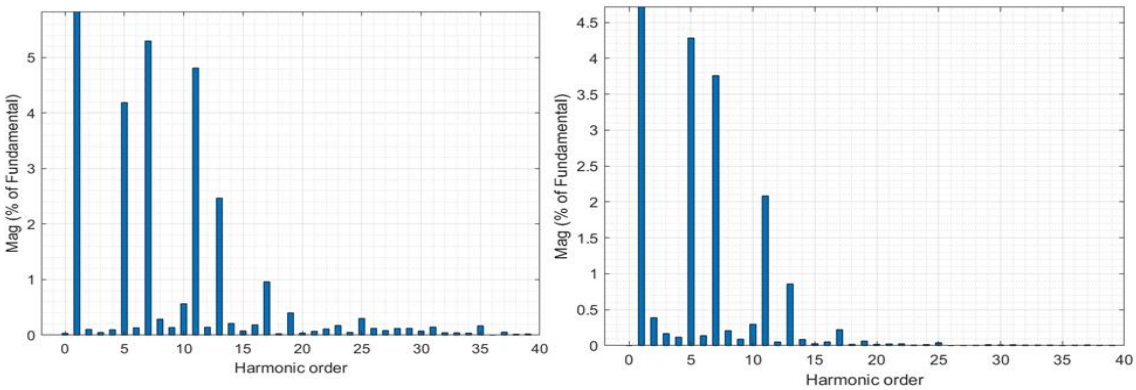
Sistemde lineer olmayan yükün etkisini gözlemlemek için güneş panellerinde kullanılan biri diyotlardan oluşan üç fazlı kontrolsüz diğeri de tristör elemanlarından oluşan üç fazlı kontrollü doğrultucu olan iki lineer olmayan yükler kullanılmıştır. Tetikleme mekanizması da aynı olacak şekilde, alpha açısı 19, dalga genişliği 40 tır. Yük olarak 3MW lık omik yük ve 1MVAr lik endüktif yük bağlanarak lineer olamayan iki yük için modelleme yapılmıştır.



Şekil 5: Lineer Olmayan Yükün Çıkış Gerilimi ve Akımı



Şekil 6: Lineer Olmayan Lineer olmayayan yükün devreye alınmasıyla oluşan gerilim ve akım dalgası



Şekil 7: Lineer Olmayan yük sonucu gerilim ve akımda oluşan harmonikler

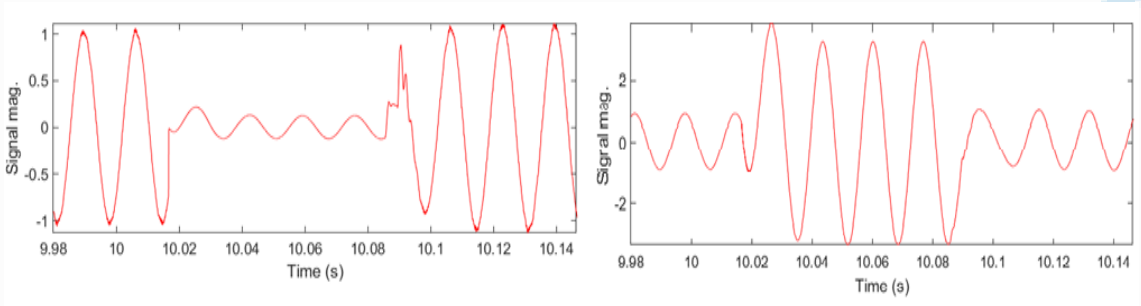
Sistemdeki lineersizliğe bağlı olarak hem gerilim hem de akımda üçün katı olmayan teki harmonikler sistemde hakimdir. 5, 7, 11, 13, 17. dereceden harmonikler yükselmektedir

Tablo 3: Lineersiz yükün eklenmesine bağlı THD değerleri

Yükün Karakteristiği	THD_v	THD_i
Yüksüz Durum	1,99	0,81
Lineer olmayan yük	8,88	6,20

Arıza Durumunda

Herhangi bir arıza durumunda sistemde ani yüksek akımlar oluşabilmektedir. Hata, kısa devre, yıldırım vb. durumlar sistemde yüksek akım değerinde trasientlere neden olabilmektedir. Simülasyonda ortak bağlantı noktasında bir kısa devre, arıza oluştuğunu varsayarak simülasyonu çalıştıracağız. Ortak baraya "three phase fault" bloğunu ekleyerek üç faz arasında kısa devre arızası olmuştur. Hata 10+1/60 ve 10+5/60 saniyeleri arasında olmaktadır. Sadece 4 dalga sürmektedir. Sistemde oluşan hatalar hata anından sonrada sistemde kalıcı etkilere sebep olabilmektedir.

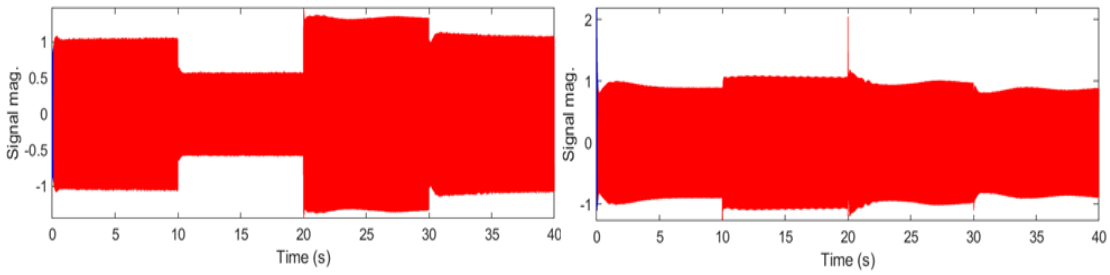


Şekil 8: Arıza anında gerilim ve akım dalgaları

Hataya bağlı olarak gerilim yaklaşık 0 değerlerindeyken, akımda dalgalanma çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Hatanın bitmesine paralel eski hakine dönmektedir. Sistemde hata olma anı dışında kalıcı herhangi bir etki gözlenmemiştir.

Şebekenin Durumu

Şebekenin güçlü veya zayif olması güç kalite problemlerini etkileyen unsurlardan biridir. Kısa devre oranın azalması, şebekenin empedansını düşük olması, gerilim değişimliklerinin az olması gerilim ve akım lineersizliğinin olmayıp harmonik içermemesi şebenin güçlü olduğunu gösterir. İlk 10 saniye normal şartlar altında çalışırken, 20. saniyede şebeke gerilimi 0,5 p.u düşmektedir. 30. saniyede tekrar eski haline geldikten sonra 40. saniyede 1,5 p.u değerine yükselmektedir.



Şekil 9: Şebeke değişimlerine bağlı olarak ortak hatta oluşan gerilim ve akım dalgaları

Tablo 4: Lineersiz yükün eklenmesine bağlı THD değerleri

Zaman (s)	THD_v	THD_i
0 - 10	1,92	0,79
10 – 20	3,07	0,78
20 – 30	1,91	1,00
30 - 40	1,91	0,77

Gerilim değişimlerine bağlı olarak sistemin başlangıç koşuluna geçerken gerilim ve akımda dalgalanmalar, osilasyonlar olmaktadır. Artıdan geçiş aşamaları sırasında ani yükselmeler olabilmektedir.Sistemin kontrol mekanizması gerilimi sabit değerde tutmaya çalışmaktadır. Şebeke gerilim artışına ve azalışına paralel bir değişme olmaktadır. Şebekelerin kısa devre oranı da güç kalite problemlerinde etkili olabilmektedir. Sistemde şebeke kısa devre gerilim 7 ye eşittir. Kısa devre değeri generatör veya motoraların elektromagnetik stabilitesini gösteren bir değerdir. Bu değerin yüksek olması oluşan bozulmaların daha az olmasını sağlayacaktır. Lakin, yaptığım simülasyonda çok az bir değişim gözlenmiştir.

SONUÇLAR

Çalışmada farklı koşullar altında sistemde oluşan bozulmalar ve kalite problemleri incelenmiştir. Çalışmada rüzgar çiftliğine bağlı hat baz alınmıştır.. Farklı koşullar altında oluşan gerilim değişimleri, toplam harmonik distorsiyonları, dalga şekilleri ve harmonik grafikleri gözükmektedir. Sistemin ilk devreye girmesinde kısa süreli dalgalanmalar oluşmaktadır. Harmonik analizlerinde bu bozulmalar ihmal edilmiştir. Rüzgar hızının nominal hızın üstünde olması ilk durumdaki dalgalanmasın daha uzun süreli olmasına neden olmaktadır. Hızın düşmesi reaktif güce bağlı ihtiyaçtan gerilim düşmesine ve akımda harmonik oluşumlarına neden olmaktadır. Özellikle düşük rüzgar hızlarında harmonik distorsiyonları gözükmektedir. Lineer olmayan yükün devreye girmesi hem gerilimde hem de akımda bozulmalara sebep olmaktadır. Şebekenin gerilim değişimleri sistemde anlık yükselii ve düşülere neden olabilmektedir. Yükün endüktif veya kapasitif olması, rüzgar hızındaki az değişimler, şebekenin kısa devre oranı vb. etkileyici unsurlar ise sadece akım harmoniklerinde az bir değişime sebep olmaktadır. Yükün kapasitif ve endüktif yük olması reaktif güç tüketmesi ve üretmesine paralel hatta gerilim değişimlerine sebep olmaktadır. Sistemdeki arıza durumu da hem gerilimde hem de akım anlık bozulmalara sebep olmaktadır. Daha sonrasında hatalar kalıcı bozulamlara sebep olabilmektedir ama yapılan simülasyonda hata gözlenmemiştir. Sistemde kontrol mekanizması gerilim değerlerini özellikle sabit tutarak oluşan hataları önlemeye çalışmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Campillo, J. and Yan, J. (2008). “Global solar photovoltaic industry analysis with focus on the Chinese market”, Department of Public Technology of Malardalen University.

[2] IRENA (2022). “Wind Energy”, http://www.irena.org/Energy-Transition/Technology Wind-energy

[3] EPDK (2022). “Elektrik”, http://www.epdk.com.tr

[4] Enerji Atlası (2022). “Rüzgar Enerji Santralleri, http://www.enerjiatlasi.com/ruzgar

[5] Dugan, M. F., McGranaghan, M. F., Santoso, S. and Beaty, H. W. (2002). Electrical Power System Quality, McGraw Hill, USA.

[6] Tao, S. (2004). “Power quality of grid-connected wind turbines with DFIG and their interaction with the grid,” Master’s Degree Thesis, Aalborg University, Denmark.

[7] Swagata, D., Neeraj, K. and Surya, S. “Time-domain modeling of tower shadow and wind shear in wind turbines,” International Scholarly Research Notices, vol. 2011.

[8] İbrahim, A. A. and Ahmed, F. Z., (2016) “Comparative power quality study of variable speed wind turbines,” International Journal on Energy Conversion (IRECON), 4, (4).

[9] Victor, P., Manual, M., Eduard, M. and Vahan, G. (2015) "Harmonics in a wind power plant," 2015 IEEE Power & Energy Society General Meeting, 1-5,

[10] Tianqi, X., Jishu, P., Yanbo, J., Hou, H. and Li, Y. (2015) “The Effect of Three-phase Voltage Imbalance at PCC on Solar Panel Output Oower” Procedia Computer Science, (52): 1218-1224.

[11] Akın, T. Ve Mehmet, U. (2008). “Rüzgar türbinlerinin güç kalitesi üzerine etkilerinin modellenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Universitesi, Türkiye.

Presentation ID / Sunum No: 12

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-9785-654X

Nükleer Atıkların Yeniden Değerlendirilmesi İçin Geliştirilen Yöntemler ve Türkiye İçin Uygun Prosesin Önerilmesi

Araştırmacı Gülcan ÇETİN[1], Dr. Öğr. Üyesi Nuray KÜP AYLIKCI[2]

[1]İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik Nükleer Tehditleri Yönetimi Mühendisliği, glcnctn1995@gmail.com

[1]İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, nuraylikci.iste@gmail.com

**Corresponding Author: Gülcan Çetin*

Özet: *Her geçen gün artan enerji talebinin karşılanabilmesi için yeni kaynak arayışlarına girilmiştir. Sürdürülebilir bir ekonomik büyüme ve enerji geleceği için nükleer enerji vazgeçilmez bir kaynak olarak görülmektedir. Sera gazı salınımını sağlayan hidrokarbon içerikli kaynaklar yerine, güneş, rüzgar, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına ve nükleer enerjiye yönelim artmaktadır. Alternatif bir enerji kaynağı olarak nükleer enerji, hem enerji arz-talebinin karşılanması, hem de ekonomik bağımsızlığın sağlanması açısından giderek önemi artan bir enerji kaynağıdır. Tıp, tarım, endüstri, savunma sanayisi vb. birçok farklı alanda nükleer enerjiden yararlanılmaktadır. Ancak nükleer enerjinin de avantajları olduğu kadar dezavantajları da bulunmaktadır ve en önemli dezavantajı nükleer atık sorunu diyebiliriz. Nükleer atıklar, tıp, endüstri gibi alanlarda yapılan uygulamalar sonucunda oluşsa da daha çok nükleer yakıt üretimi, nükleer santral işletmesi, yeniden işleme ve kazanım prosesi ve nükleer santrallerin sökülmesi gibi durumlarda meydana gelmektedir. Nükleer atıklar ve bu atıkların depolanması, imhası nükleer santral kurma çalışmalarında göz önünde bulundurulması gereken en önemli konudur. Özellikle yüksek seviyeli radyoaktif atıkların bertarafı, depolanması, işlenmesi büyük sorunlara neden olabilmektedir. Bazı ülkelerde (Belçika, Fransa, Çin vb.) yüksek seviyeli atıklar yeniden işlemeye tabi tutulmakta ve atıklar geri dönüştürülerek, yeniden yakıt olarak kullanılabilmektedir. Bazı ülkelerde (ABD, İsveç, İsviçre vb.) ise atıklar doğrudan bertaraf edilmektedir. Yüksek seviyeli radyoaktif atıkların nihai bertarafı için en iyi seçeneğin uluslararası anlamda jeolojik bertaraf olduğu görüşü hâkimdir. Günümüzde sadece Finlandiya'da yüksek seviyeli radyoaktif atıklar için kalıcı bir depo inşa edilmiştir. Nükleer enerji üretimi yapan ülkeler için radyoaktif atığın işlenmesi, taşınması, saklanması, bertaraf edilmesi süreçleri sorunları da beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla özellikle nükleer enerjiyi kullanan ülkelere büyük sorumluluk düşmektedir. Nükleer atıkların yeniden değerlendirilmesi amacıyla hidrojen uygulamaları, purex yöntemi, piroproses sistem simbiyozu ve kojenerasyon sistemleri gibi uygulamalar mevcuttur. Nükleer Enerji alanında, özellikle 21. yüzyılda Sinop ve Akkuyu Nükleer Enerji Santrali projeleri ile atılıma geçen Türkiye için bu konuda en uygun, en doğru, en güvenilir prosesin geliştirilmesi önem arz etmektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Nükleer Atık, Atık Yönetimi, Nükleer Enerji, Purex, Plazma Vitrifikasyon*

Developed Methods for Re-Assessment of Nuclear Wastes and Recommendatıon of the Suıtable Process for Turkey

Abstract*: In order to meet the increasing energy demand day by day, new sources have been sought. Nuclear energy is seen as an indispensable resource for a sustainable economic growth and energy future. Instead of hydrocarbon-containing sources that cause greenhouse gas emissions, the tendency towards renewable energy sources such as solar, wind, geothermal and nuclear energy is increasing. As an alternative energy source, nuclear energy is an increasingly important energy source in terms of both meeting energy supply-demand and ensuring economic independence. Medicine, agriculture, industry, defense industry etc. Nuclear energy is used in many different fields. However, nuclear energy has advantages as well as disadvantages, and we can say that the most important disadvantage is the problem of nuclear waste. Although nuclear wastes are formed as a result of applications in fields such as medicine and industry, they mostly occur in cases such as nuclear fuel production, nuclear power plant operation, reprocessing and recovery process and dismantling of nuclear power plants.*

Nuclear wastes and the storage and disposal of these wastes are the most important issues to be considered in the studies of establishing a nuclear power plant. Especially the disposal, storage and processing of high-level radioactive wastes can cause major problems. In some countries (Belgium, France, China, etc.) high-level wastes are reprocessed and the wastes can be recycled and reused as fuel. In some countries (USA, Sweden, Switzerland etc.), wastes are disposed of directly. Internationally, there is a prevailing opinion that geological disposal is the best option for the final disposal of high-level radioactive waste. Currently, only Finland has a permanent repository for high-level radioactive waste built. For countries producing nuclear energy, the processes of processing, transporting, storing and disposing of radioactive waste also bring problems. Therefore, countries that use nuclear energy have a great responsibility. There are applications such as hydrogen applications, purex method, pyroprocess system symbiosis and cogeneration systems for the reuse of nuclear wastes. In the field of Nuclear Energy, it is important to develop the most appropriate, most accurate and reliable process for Turkey, which has made a breakthrough with the Sinop and Akkuyu Nuclear Power Plant projects, especially in the 21st century.

Keywords: *Nuclear Waste, Waste Management, Nuclear Energy, Purex, Plasma Vitrification*

GİRİŞ

21. yüzyılda nüfus artışına, kentleşmeye, gelişen teknolojiye paralel olarak, enerji talebi de artmaktadır. Artan enerji talebinin karşılanabilmesi için ülkeler alternatif enerji kaynaklarına yönelmektedir. 19. yüzyılın sonunda uranyumun keşfedilmesi ile ortaya çıkan nükleer enerji de bu seçeneklerden birisidir (Demirkol,2005;TÜBA Nükleer Enerji Raporu,2019). Kömür, doğalgaz, petrol gibi yenilenemeyen yani, belli bir süre sonra tükenecek olan ve sera gazı salınımına neden olan bu kaynaklar yerine, güneş, rüzgar, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına ve nükleer enerjiye yönelim artmaktadır. Bu sayede de enerji arz ve talebin karşılanması sağlanacaktır. Alternatif bir enerji kaynağı olarak nükleer enerji, hem enerji arz-talebinin karşılanması, hem de ekonomik bağımsızlığın sağlanması açısından giderek önemi artan bir enerji kaynağıdır (Ergün ve Polat, 2012). Dünya enerji talebinin yaklaşık olarak beşte biri nükleer santrallar aracılığıyla karşılanmaktadır. Bazı ülkelerde ise enerji talebinin önemli bir kısmı nükleer santrallerden karşılanmaktadır. Tıp, tarım, endüstri, savunma sanayisi vb. birçok farklı alanda nükleer enerjiden yararlanılmaktadır. Tıpta özellikle kanser hastalığının tanı ve tedavisinde, çevre kirliliğinin azaltılmasında, enerji talebinin karşılanması için enerji üretiminde kullanılmaktadır. Ancak nükleer enerjinin de avantajları olduğu kadar dezavantajları da bulunmaktadır ve en önemli dezavantajı nükleer atık sorunu diyebiliriz. Nükleer atıklar, tıp, endüstri gibi alanlarda yapılan uygulamalar sonucunda oluşsa da daha çok nükleer yakıt üretimi, nükleer santral işletmesi, yeniden işleme ve kazanım prosesi ve nükleer santrallerin sökülmesi gibi durumlarda meydana gelmektedir (Osmanlıoğlu,2014: giriş bölümü vii). Nükleer santraller 20. yüzyıldan itibaren günümüze kadar birçok ülkede elektrik enerjisi üretimi için kullanılmış ve halen de artarak kullanılmaya devam edilmektedir. Ancak enerji üretimi sırasındaki tepkimeler sonrasında nükleer atıklar ortaya çıkmakta, ortama radyoaktif madde salınımı olmakta ve bu durum çevre ve insan sağlığını kısa ve özellikle uzun vadede gerçekleşebilecek komplikasyonlarla tehdit etmektedir (YÖK KBRN Çalıştay Raporu,2017). ABD ve AB, nükleer atıklar için yüksek meblağ harcayarak atıkları bertaraf etmeye çalışmaktadır. Nükleer atıklar için ya Hindistan gibi az gelişmiş ve gelişmekte olan diğer ülkeler seçilmekte ya da atıklar ülke içinde imha edilerek kendi insanını zehirlemektedir. Gelişmiş ülkeler tarafından az gelişmiş ülkeler çöplük olarak seçilmekte ve etiğe, yasalara, ahlaka uymayan davranışlar sergilenmektedir. Ne yazık ki, Türkiye de bu durumdan olumsuz etkilenen ülkelerden birisidir. Karadeniz'de bulunan zehirli atık dolu İtalyan varilleri bunun en açık örneğidir (Yıldırım ve Örnek,2007).

Nükleer atıklar ve bu atıkların depolanması, imhası nükleer santral kurma çalışmalarında göz önünde bulundurulması gereken en önemli konudur. Nükleer santrallerde düşük, orta ve yüksek seviyeli atıklar açığa çıkmaktadır. Düşük seviyeli atıklar, radyoaktivitesi düşük olduğu için kolaylıkla işlenip, imha edilebilirken, yüksek seviyeli atıklar radyoaktivitesi yüksek olduğu için kolaylıkla imha edilememekte ve belirli aşamalardan geçmesi gerekmektedir (Polatoğlu, 2016). Bazı ülkelerde (Belçika, Fransa, Çin vb.) yüksek seviyeli atıklar yeniden işlemeye tabi tutulmakta ve atıklar geri dönüştürülerek, yeniden yakıt olarak kullanılabilmektedir. Bazı ülkelerde (ABD, İsveç, İsviçre vb.) ise atıklar doğrudan bertaraf edilmektedir (Thinktech STM,2018). Yüksek seviyeli radyoaktif atıkların (HLW) nihai bertarafı için en iyi seçeneğin uluslararası anlamda jeolojik bertaraf olduğu görüşü hakimdir (World Nuclear Association,2022). ABD'de yalnızca trans-uranik atıkların depolanması amacıyla Atık İzolasyon Pilot Tesisi bulunmaktadır. Burası kalıcı bir bertaraf tesisi olup, ülkenin tek deposu olarak kabul edilmektedir

(Tzoumis ve Bozzetti, 2017). Ayrıca günümüzde sadece Finlandiya'da yüksek seviyeli radyoaktif atıklar için kalıcı bir depo inşa edilmiştir. İsveç ve Fransa ise yüksek seviyeli atıklar için alan belirlemiştir. Günümüzde başarısız yer seçim prosesleri ve terk edilen atık depolama alanları (Yucca Dağı vb.) örneklerine rağmen, ülkeler derin jeolojik bertaraf metodunu kullanmaya devam etmektedir. Nükleer enerji üretimi yapan ülkeler için radyoaktif atığın işlenmesi, taşınması, saklanması, bertaraf edilmesi süreçleri sorunları da beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla özellikle nükleer enerjiyi kullanan ülkelere büyük sorumluluk düşmektedir. Sorunların iyileştirilmesi amacıyla güvenlik kültürü, vatandaş katılımı, kalite standartları gibi konulara da öncelik verilmelidir (Dünya Nükleer Atık Raporu, 2019).

Nükleer atıkların yeniden değerlendirilmesi amacıyla hidrojen uygulamaları, purex yöntemi, piroproses sistem simbiyozu ve kojenerasyon sistemleri gibi uygulamalar mevcuttur. Nükleer atıkların yeniden değerlendirilmesi ile ilgili araştırmalar uluslararası alanda devam etmektedir. Bu çalışmada amaç; dünyada belirli ülkelerde (ABD, Çin, Rusya vb.) bulunan nükleer santrallerde elektrik enerjisi üretimi sırasında/sonrasında tepkimeler sonucunda açığa çıkan nükleer atıkların değerlendirilerek geri dönüşümünün, imhasının yönetmeliklere uygun bir şekilde, güvenli, doğru ve uygun şartlar altında sağlanıp sağlanamadığının araştırılması, bu konuda yapılan yanlış uygulamaların, ihmallerin belirlenmesi, yeni yöntemlerin önerilmesi ve en önemlisi de, Nükleer Enerji alanında, özellikle 21. yüzyılda Sinop ve Akkuyu Nükleer Enerji Santrali projeleri ile atılıma geçen Türkiye için bu konuda en uygun, en doğru, en güvenilir prosesin önerilmesi, geliştirilmesidir. Bu tez çalışmasında, Dünyada ve Türkiye'de nükleer enerjinin gelişimi, geçmişten günümüze geliştirilen nükleer reaktör tipleri ve çalışma mekanizmaları, Dünyada ve Türkiye'de nükleer atık yönetimi ve özellikle Türkiye için nükleer atık yönetimi prosesinin tanımlanması ve geleceği ele alınmaktadır.

NÜKLEER ATIKLAR VE YÖNETİMİ

2.1. Nükleer Atıkların Sınıflandırılması

Atık, herhangi bir faaliyet sonucunda ortaya çıkan zararlı maddelerdir. Nükleer enerji üretimi sırasında, sonrasında nükleer atıklar meydana gelmektedir. Nükleer atık, nükleer santrallerde enerji üretimi sırasında gerçekleşen fisyon tepkimeleri sonucunda açığa çıkan tehlikeli, radyoaktif maddeler içeren atıklardır. Kullanılmış nükleer yakıtlar ya da nükleer atıklar %96 oranında değerli materyallere, %4 oranında ise fisyon ürünlerine çevrilmektedir (Bakır,2013). Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA)'nın tanımına göre ise; ''radyoaktif atık, ulusal otoriteler tarafından güvenli olarak tanımlananlardan daha fazla radyoizotop konsantrasyonu içeren ve gelecekte kullanılması düşünülmeyen malzemelerdir''. Ancak radyoaktif atıklar, bu açıklamanın aksine kullanılmış olan yakıtlar yeniden işlenerek tekrar enerji üretiminde yakıt olarak kullanılabilmektedir (Osmanlıoğlu,2014:8-9). Radyoaktif atık, daha uygun bir tanım ile; muafiyet sınırları üzerinde radyoizotop konsantrasyonuna sahip olan ve iyonizasyona neden olarak çevre ve canlı sağlığı açısından risk oluşturan, kullanım dışı kalmış her türlü atıktır (Osmanlıoğlu,2014:9).

IAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı) tarafından radyoaktif atıklar üç gruba ayrılmıştır. Bunlar;

a) Muaf Atıklar (MA): Radyolojik etkileri ve radyoizotop konsantrasyonu düşük oranda olduğu için, nükleer denetim dışında bırakılan atıklardır (Osmanlıoğlu,2014:9).

b) Düşük ve Orta Düzey Atıklar (DODA): Kısa ve uzun süreli dönemde hem çalışanların hem de toplumun korunması açısından tedbirler alınmasını gerektirecek seviyede radyoaktif madde içeren atıklardır. Bu atıklar, muaf atıklardan daha üst seviyede radyoaktif madde içermekte olup, zırhlama ve hatta soğutma işlemlerinin yapılması gerekebilir. DODA yani, düşük ve orta düzeyli atıklar, radyoizotopların yarılanma sürelerine göre, kısa yarı ömürlü (30 yıl altı için) ve uzun yarı ömürlü (30 yıl üzeri için) olarak sınıflandırılmaktadır (Osmanlıoğlu,2014:9). Nükleer atıkların hacimce %90'ını ve radyoaktivite yönünden %1'ini düşük düzeyli atıklar kapsamaktadır. Düşük düzeyli atıkların radyoaktivitesi düşüktür ve uranyum ötesi elementler içermez. Düşük düzeyli atıklar diğer atık türlerine göre aktivitesini çok daha çabuk kaybetmekte ve kararlı hale geçmektedir. Hacimlerini azaltmak için yok etme öncesi konteynerlerde yakılabilir ya da sıkıştırılabilirler. Bu tip atıkların saklanmasında zırhlamaya ihtiyaç duyulmaz. Sadece altı su geçirmeyen bir malzeme ile kaplanması yeterli olmaktadır (Öngü,2014). Düşük seviyeli atıklar, radyoaktivitesi düşük olduğu için kolaylıkla işlenir ve imha

edilebilirler (Polatoğlu, 2016). Tüm radyoaktif atıkların hacimce %7'sini, radyoaktivite yönünden %4'ünü oluşturan atıklar, orta düzey nükleer atıklardır. Yüksek düzey nükleer atıklara göre daha az radyoaktiviteye sahiptir. Ancak orta düzey nükleer atıkların belli bir kısmının zırhlama işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Orta düzey nükleer atıklar, yakıt çevriminin ilk atığı olan cevher atıkları, santralde kullanılan eldiven, reçine, süzgeç, yağlar gibi sıkıştırılabilen ya da sıkıştırılamayan maddelerden oluşmaktadır. Bu tür atıkların katı halde olmayanları çimentolama sistemleri ile katı hale getirilerek depolanmaktadır (Öngü,2014).

c) Yüksek Düzey Atıklar (YDA): Radyoaktif atıkların hacimce %3'ünü ve radyoaktivite yönünden %95'ini oluşturan atıklar, yüksek düzey nükleer atıklardır. Bir reaktörden çıkan kullanılmış yakıtları ya da kullanılmış yakıt yeniden işlenirken üretilen yüksek derecedeki aktif sıvıları içermektedir. Kullanılmış yakıtın %96,4'lük kısmı yeniden işlenerek yakıt olarak kullanılabilir. Yüksek düzey radyoaktif atıklar ısı üretiminin ve radyoaktivitenin azalması için soğutma havuzlarında soğutulmaktadır (Öngü,2014). Yüksek seviyeli tedbirler alınmasını ve derin bir tesiste uzun süreli depolama gerektirecek seviyede radyoaktif madde içeren atıklardır. Bu atıklara hem zırhlama hem de soğutma işlemi uygulanması gerekir (Osmanlıoğlu,2014:9). Sivil ve askeri amaçlı nükleer reaktörlerin kullanılması sonucunda yüksek seviyeli radyoaktif atıklar oluşmaktadır (Bakır,2013). Yüksek seviyeli atıklar ise radyoaktivitesi yüksek olduğu için reaktör yakınındaki havuzlarda depolanır ve soğumaya bırakılırlar (Polatoğlu, 2016). Radyoaktif atıklar, IAEA'nın radyoaktif atık yönetiminde uygun gördüğü ilkeler bağlamında insan ve çevre sağlığına zarar vermeyecek şekilde bertaraf edilmelidir (Öngü,2014).

2.2. Nükleer Atık Yönetimi ile İlgili Ülkelerdeki Uygulamalar

Nükleer atıklar sorunu için kesin bir çözüm yolu bulunamamış olsa da bu sorun çözümsüz değildir. Atıkların hacminin yani kapladığı alanın küçültülmesi, yüksek radyoaktiviteli atıkların camlaştırılması, atıkların ve varillerin belirli süreler sonunda bakım, onarımının yapılması gibi çalışmalar Almanya'da ve Fransa'da mevcuttur. ABD'de ise bu konu ile ilgili bir pilot çalışma yapılmıştır. ABD'de nükleer enerji üretimi sonucunda ortaya çıkan yüksek radyoaktiviteli atıklar her biri 5000 metre derinliğinde olan 700 adet derin kuyularda saklanmaktadır (Atakan,2015). Nükleer atık yönetiminde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, atıkların radyoaktivite düzeylerine göre ayrıştırılması ve önlemlerin de buna göre alınmasıdır. Örneğin; yüksek düzeyli nükleer atıklara uygulanacak olan tedbirler ile düşük düzeyli nükleer atıklara uygulanacak olan tedbirler farklı düzeyde ve farklı metotlar ile olmaktadır. Bu nedenle, nükleer santral inşasına başlamadan önce, gerekli olan ilk kuruluş koşullarının sağlanması gerekmektedir. Tüm bu ön koşulların sağlanması durumunda, nükleer enerji santralleri fosil yakıtlı santrallere kıyasla daha temiz ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır (Şahin, vd., 2016 (çeviri)).

Yeraltı depolama yöntemi ile nükleer atığın, 600-1000 metre derinliğe, yeraltı sularının ve deprem riskinin olmadığı kayalıklı alanlara depolanması amaçlanmaktadır. İsveç, Finlandiya ve ABD'de askeri derin depolama tesisleri bulunmaktadır. Finlandiya düşük ve orta düzeyli nükleer atıklar için oluşturduğu yeraltı depolama sistemini 1992'den beri kullanmaya devam etmektedir. ABD'de ise New Mexico yakınında bulunan ilk depolama tesisi olan WIPP (Waste Isolation Pilot Plant) uranyum ötesi radyoizotopların depolanması amacıyla 1999 yılında işletmeye alınmıştır (Eral, 2015). Yucca Dağı ile Atık İzolasyon Pilot Tesisi (WIPP)'nde bertarafta bazı farklılıklar mevcuttur. Örneğin; Yucca Dağı için daha büyük miktarlarda ve daha tehlikeli radyoaktif atıkların bertarafı önerilmiştir. ABD, HLW'lerin bertarafı için Yucca Dağı'nı yeniden inşa etmeyi planlamaktadır. Şu anda, diğer ülkelerde derin jeolojik bertaraf tesisi mevcut değildir. Bu yüzden Yucca Dağı atıkların bertarafı için ayrı bir öneme sahiptir (Tzoumis ve Bozzetti, 2017).

Almanya ve Fransa'da nükleer atıklar fosfatlı ve silikatlı malzemeler kullanılarak camlaştırılmakta ve çelik kaplar içerisinde hava soğutmalı geçici ara depolarında bekletilmektedir. İspanya eski maden ocaklarında, Almanya Asse tuz madenlerinde, İngiltere ve İsveç kaya oluklarında depolamaktadır. SSCB ise atıkların radyoaktif atıklar olduğunu göz ardı ederek bu atıkları önlem almadan Ural dağlarının güneyindeki göllere atmakta ve ekolojik dengenin bozulmasına, çevre kirliliğine neden olmaktadır (Bakır,2013). Hindistan'ın nükleer enerji politikasındaki öncelikli planı, çevreye yönelik endişe ve radyasyondan korunma yöntemlerinin belirlenmesidir. Hindistan nükleer yakıt döngüsünde, kullanılmış yakıtın yeniden işlendiği kapalı yakıt döngüsünü tercih etmiştir. Böylelikle plütonyum ve kullanılmayan uranyum elementleri geri kazanılarak yakıt döngüsünde ya da diğer endüstriyel uygulamalarda

değerlendirilebilmektedir. Düşük ve orta seviyeli atıklar için yenilikçi arıtma sistemleri geliştirmek ve atıkların hacimce azaltılması konularına yönelinmiştir. Yüksek seviyeli sıvı atıklarda ise, borosilikat camlarda vitrifikasyon indüksiyonla ısıtılan metalik eriticiler ile uygulanmaktadır. Tarapur, Matrix ve Trombay'daki endüstriyel ölçekli tesislerde gerçekleştirilmektedir. Hindistan'da şu anda, düşük ve orta düzey katı atıkların bertarafı için reaktörler ile birlikte konumlandırılmış yüzeye yakın bertaraf tesisleri mevcuttur (Raj vd., 2006).

Finlandiya Parlamentosu, yanmış yakıtların nihai depolanması için, Olkiluoto Depolama Tesisi'nin inşaatına devam etmekte olup, 2020 yılında işletmeye alınması beklenmektedir (Eral, 2015). Günümüzde sadece Finlandiya, yüksek seviyeli radyoaktif atıklar için kalıcı depo inşa etmiştir. Finlandiya dışında İsveç ve Fransa ise ilk yalıtım sürecinde yüksek seviyeli radyoaktif atıkları için bir alan belirlemiştir. ABD'de ise Atık Yalıtma Pilot Projesi (WIPP) yürütülmektedir. Ancak ABD'deki bu atık deposu yalnızca nükleer silahlardan kaynaklı uzun ömürlü transuranik atıklar için yapılmaktadır. Günümüzde başarısız yer seçim prosesleri ve terk edilen atık depolama alanları örneklerine rağmen, ülkeler derin jeolojik bertaraf metodunu kullanmaya devam etmektedir. Nükleer enerji üretimi yapan ülkeler için radyoaktif atığın işlenmesi, taşınması, saklanması, bertaraf edilmesi süreçleri sorunları da beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla özellikle nükleer enerjiyi kullanan ülkelere büyük sorumluluk düşmektedir. Sorunların iyileştirilmesi amacıyla güvenlik kültürü, vatandaş katılımı, kalite standartları gibi konulara da öncelik verilmelidir (Dünya Nükleer Atık Raporu 2019).

2.3. Ülkelerde Ulusal YSA (Yüksek Seviyeli Atık) Yönetim Politikaları

Belçika'da yeniden işleme uygulanmaktadır. Dessel'de merkezi atık depolama yer almaktadır. 1984 yılında Mol'de yeraltı laboratuvarı kurulmuştur. Depo inşaatının 2035 yılında başlayacağı öngörülmektedir. Kanada'da doğrudan bertaraf uygulanmaktadır. 2002 yılında Nükleer Atık Yönetimi Kuruluşu kurulmuştur. Atıkların geri dönüştürülerek kullanılabileceği derin jeolojik depolama politikası kabul edilmiştir. 2009 yılında depolama sahasına yönelik çalışmalar başlatılmış ve deponun 2025 yılında aktif olarak kullanılması beklenmektedir. Çin'de yeniden işleme uygulanmaktadır. Lan Zhou'da kullanılmış yakıtlar için merkezi bir depo bulunmaktadır. Depolama sahasının 2020'ye kadar belirleneceği bildirilmiştir. 2020 yılı itibarıyla yeraltı araştırma laboratuvarının çalışmaya başlaması ve 2050 itibarıyla da bertarafın başlaması planlanmaktadır. Finlandiya'da doğrudan bertaraf uygulanmaktadır. Nükleer atıklar ile ilgili program 1983 yılında başlatılmış olup, iki adet kullanılmış yakıt deposu bulunmaktadır. Bunun yanı sıra Onkalo yeraltı araştırma laboratuvarı inşaat halindedir. Olkiluoto yakınlarındaki depolama tesisinin ise 2023 yılında açılması planlanmaktadır. Fransa'da yeniden işleme yöntemi uygulanmaktadır. Kil ve granit yataklarında yeraltı kaya laboratuvarları bulunmaktadır. 2006 tarihli parlamento kararı gereğince, derin jeolojik depolama tesislerindeki atık muhafazasının geri alınabilir olması gerekmektedir. Bure kil depolama sahasının 2015 yılında lisans alması ile 2025 yılında faaliyete geçmesi beklenmektedir. (Thinktech STM,2018).

Almanya'da yeniden işleme yöntemi uygulanmaktadır, ancak artık doğrudan bertaraf yöntemine geçilmektedir. Ahaus ve Gorleben tuz kubbelerinde kullanılmış yakıt depolanmaktadır. 2025 yılından sonra Gorleben'de jeolojik depolamaya geçilmesi planlanmaktadır. Hindistan'da yeniden işleme uygulanmaktadır. YSA (yüksek seviyeli atık) için derin jeolojik depolama araştırmaları devam etmektedir. Japonya'da yeniden işleme uygulanmaktadır. Mizunami granit yataklarındaki yeraltı laboratuvarı 1996 yılından beri, Rokkasho'daki kullanılmış yakıt ve YSA depolama tesisi ise, 1995 yılından beri çalışır haldedir. Bunların yanı sıra Mutsu'da kullanılmış yakıt deposu inşaatı sürmekte, 2018'de kullanıma geçeceği tahmin edilmektedir. 2000 yılında kurulan NUMO'nun derin jeolojik depolama sahası seçimini 2025'te tamamlaması ve tesisin 2035 itibarıyla faaliyete geçmesi beklenmektedir. Rusya'da yeniden işleme uygulanmaktadır. Krasnoyarsk bölgesindeki granit veya gnays yataklarına kurulması planlanan yeraltı laboratuvarının depoya dönüştürülmesi gündemdedir. Kola yarımadasındaki depolama sahalarıyla ilgili araştırmalar hala devam etmektedir. Zheleznogorsk'ta 1985'ten beri VVER-1000 tipi reaktör yakıtı depolanmaktadır. 2012 yılından itibaren Zheleznogorsk'ta kullanılan RBMK ve diğer yakıtlar için kuru depolama yapılmaktadır. Çeşitli ara depolama tesisleri faaliyettedir. Güney Kore'de doğrudan bertaraf uygulanmaktadır. Atık bertarafında doğrudan bertaraf metodu yerine başka seçeneklerin değerlendirilerek kullanılması planlanmaktadır. Güney Kore'de Atık programı 1998 yılında kabul edilmiş olup, KRWM 2009'da kurulmuştur. Merkezi ara depolamaya geçilmesi de planlar arasında yer almaktadır (Thinktech STM,2018).

İspanya'da doğrudan bertaraf uygulanmaktadır. 2016 itibarıyla Villar de Canas'ta merkezi ara depolamaya geçilmesi planlanmaktadır. İsveç'te doğrudan bertaraf uygulanmaktadır. Merkezi kullanılmış yakıt depolama tesisi CLAB 1985'ten beri faaliyettedir. YSA deposu için Aspo'daki yeraltı araştırma laboratuvarı kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra Osthammar bölgesi 2028'de açılması planlanan depo sahası için seçilmiştir. İsviçre'de yeniden işleme uygulanmaktadır. ZZL Wurenlingen'de 2001'den beri kullanılmış olup, YSA depolanmaktadır. Beznau'da daha küçük bir kullanılmış yakıt deposu mevcuttur. 1983'ten beri Grimsel'deki yüksek seviyeli atık deposu amaçlı yeraltı araştırma laboratuvarı faaliyettedir. 2020 itibarıyla atık muhafazalarının geri alınabileceği derin depolama sahalarına geçilmesi beklenmektedir. İngiltere'de yeniden işleme uygulanmaktadır. 1959'dan beri düşük seviyeli atık deposu faaliyettedir. Yeniden işlenme sonucu elde edilen YSA vitrifiye edilerek Sellafield'da depolanmaktadır. Nihai deponun yer seçiminde halkın onayına başvurulacaktır. NDA bünyesinde jeolojik bertaraf birimi kurulmuştur. ABD'de doğrudan bertaraf uygulanmaktadır. Kullanılmış yakıtlar 1998'den beri Enerji Bakanlığının sorumluluğunda olup, atık fonu 32 milyar dolara ulaşmıştır. Nevada Yucca Dağı'ndaki tüf sahasında kayda değer Ar-Ge çalışmaları yürütülmüş, 2002'de jeolojik depolamanın Yucca Dağı'nda yapılmasına karar verilmiş ancak bu karar 2009'da kongre tarafından bozulmuştur. Kullanılmış yakıtlar için merkezi ara depolama yoluna gidilmesi muhtemeldir (Thinktech STM,2018).

2.4. Nükleer Atıkların Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler

2.4.1. Piroproses sistem simbiyozu

Kullanılmış yakıtın yeniden işlemeye tabi tutulmadan elden çıkarılması daha az maliyete neden olmaktadır. Piroproses olarak adlandırılan erimiş tuzların kullanıldığı sistem, geri dönüşüm için önemli bir seçenektir. Örneğin; Japonya'da nükleer yakıtlar için piroproseslerin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu piroprosesler, erimiş tuzların elektro rafinasyonuna dayanmaktadır (Ogawa vd., 2007).

2.4.2. Kojenerasyon sistemleri

Günümüzde nükleer enerjinin yanı sıra ülkeler yenilenebilir enerjiye de yönelmekte ve yatırımlar yapmaktadır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarında da iklim, hava şartlarından, gece-gündüz arası farklardan etkilenme gibi sorunlar bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji alanında geliştirilecek teknolojinin, tasarımın ya bu sorunları çözebilecek şekilde ya da bu sorunlardan etkilenmeyecek şekilde yapılması gerekmektedir. Nükleer enerji mevcut olan yenilenebilir enerji kaynakları ile entegre çalışabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Nükleer kazalara karşı daha ılımlı, dirençli yakıtlar araştırılmalıdır. Ayrıca tüm bunların yanı sıra nükleer enerji üretim sürecinde elde edilen ısıdan ve bu süreçten nasıl yararlanılabileceği de araştırılması gereken bir başka konudur. Santralde enerji üretimi sonrasında açığa çıkan atık ısıdan buhar veya hidrojen üretilebilir. Hatta farklı sektörler için amonyak bile üretilebilir. Bunun yanında temiz su da elde edilebilir. Bu proses ısı, bölgesel ısıtma sistemleri ve endüstriyel uygulamalarda da kullanılabilmektedir. Ayrıca kojenerasyon uygulamaları da mevcuttur (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019).

Bölgesel merkezi ısıtma sistemi, proses ısı ve desalinasyon sistemlerine göre daha çok tercih edilmektedir. Geleceğe yönelik bu tip uygulamalar ve uygulama alanları artırılmalıdır. Bu örneklerin yanı sıra absorbsiyonlu soğutma sistemleri de kojenerasyon sistemleri açısından değerlendirilebilecek bir yöntemdir. Nükleer santraller aracılığıyla bunlar elde edilebilir. Bu sistemler kullanıldığı taktirde daha iyi bir ekonomi, daha az çevre kirliliği ve yüksek verim elde edilebilmesi mümkündür. Kazakistan, Pakistan, Hindistan, Japonya ve ABD'de bu tasarımda olan reaktörlere rastlanabilir. Örneğin; Kazakistan'da bulunan santral, 150 MWe'lik elektrik enerjisi üretiminin yanı sıra, günlük 80.000-145.000 ton su üretimi yapılabilmesine de imkan sağlamaktadır (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019).

2.4.3. PUREX yöntemi

Yakıtların yeniden işlenmesi için önerilen en uygun teknik solvent ekstraksiyonudur. 1951 yılında ABD'de 'Redüksiyon ve Oksidasyon' (REDOX) prosesi geliştirilmiştir. Bu işlemde bizmut-fosfat çöktürme işlemine göre daha az atık oluşmakta ve daha iyi ayrıştırma yapılabilmektedir. Ancak hekson solventin hem yanıcı hem de uçucu olması bir dezavantajdır (Mermer,2019). Günümüzde ticari yeniden işleme tesisleri solvent ekstraksiyon metodu olan 'Plütonyum ve Uranyum Ayrıştırma' (Plutonium and Uranium Extraction: PUREX) prosesini kullanmaktadır. PUREX yönteminde uranyum ve plütonyum

yüksek verimde ayrılır. ABD'nin Oak Ridge Ulusal Laboratuvarında 1950-1952 yılları arasında geliştirilmiş bir yöntemdir. PUREX yönteminde, derişmiş nitrik asit ile çözülerek elde edilen yakıt çözeltisinin bir hidrokarbon seyreltici içinde hacim olarak %30 tri-bütil fosfat içeren organik bir çözelti ile temas etmesi aracılığıyla uranyum ve plütonyumun ekstraksiyon[1]una dayanan bir yöntemdir. PUREX'in kullanılmasını sağlayan faktör, tri-bütil fosfat kullanımından kaynaklıdır. Almanya, Fransa, İngiltere, Japonya ve Hindistan'da PUREX yöntemi ile çalışan yeniden işleme tesisleri mevcuttur. Dünya üzerinde bu metodun kabul edilmesinin ve kullanılmasının nedeni, teknolojik olarak çok iyi geliştirilmiş olması, işletme maliyetinin makul seviyelerde olması ve az miktarda atık oluşumuna neden olması sayılabilir (Mermer,2019).

2.4.4. Hidrojen uygulamaları

Hidrojen uygulamaları, bazı ülkelerde siyasi olarak da desteklenmektedir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın programında, nükleer hidrojen üretimi ve yüksek sıcaklıkta işlem ısısı uygulamalarına da yer verilmiştir. Nükleer hidrojen üretim teknolojisi, geleceğe yönelik umut verici bir yatırım olarak görülmektedir. Hidrojen üretim teknolojisinin seçilmesi reaktör türüne bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; geleneksel hidroliz gibi bazı hidrojen üretim teknolojileri sadece elektriğe ihtiyaç duyar. Termokimyasal döngüler gibi diğer teknolojiler ise, sadece proses ısısının veya yüksek ısıda buhar elektrolizi ve hem ısı hem de elektrik gerektiren hibrit termokimyasal döngüler gibi hibrit teknolojiler gerektirebilir. Bu konuda en önemli husus; elektriği tüketmeden atık ısı/proses ısı ile hidrojen üretilebilmesidir. Örneğin; Cu-CI çevrimleri bunun için uygun bir termokimyasal tepkimedir. Bunun yanında LiBr-H_2O absorbsiyonlu soğutma, atık ısıdan ısıtma ve desalinasyon gibi sistemler de entegre edilerek elde edilebilecek çıktılar artırılabilir. Sonuç olarak, nükleer enerji konusunda uluslararası gelişmeler aşağıdaki şekildedir;

Küçük Modüler Reaktörler,

Mikro ve Minyatür Modüler Reaktörler,

Nükleer Kojenerasyon ve Multigenerasyon Sistemleri,

Nükleer Entegre Sistemler,

Hibrit Nükleer Enerji Sistemleri olarak görülebilir. Yani sonuç itibarıyla şu anda akıllı enerji sistemleri, akıllı şebekelere doğru yönelim olmaktadır (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019).

Türkiye'de Nükleer Enerjinin Durumu

3.1. Türkiye'nin Nükleer Enerji Potansiyeli

Türkiye, tahmini 10 bin ton miktarında veya 30 yıl yetebilecek doğal uranyum rezervine sahiptir. Ancak çıkarılan doğal uranyumun da işlenip yakıta çevrilebilmesi için yurtdışına gönderilmesi gerekir. Ayrıca Türkiye, 400 bin ton toryum rezervine de sahiptir. Ancak toryumun enerji üretiminde kullanılabilmesi için uranyum-233'e dönüştürülmesi, ardından da yakıt ayırma işlemi ile yakıtlaştırılması gerekmektedir (Bakır,2013). OECD ve UAEA raporlarına göre; dünyada bulunan 6,7 milyon tonluk toryum rezervinin %11'i Türkiye'de bulunmakta olup, Türkiye bu rezerv oranı ile toryum açısından dünyada ikinci sırada yer almaktadır. 1977 yılında ülkemizde de toryum yakıtlı Hızlandırıcı Sürümlü Sistemler ile ilgili çalışmalara başlanmıştır. 'Toryumun Enerji Kaynağı Olarak Potansiyelinin Araştırılması' kararı kabul edilmiştir. Dünyada Çin, Hindistan, Japonya, ABD, Güney Kore, İngiltere, Fransa, Belçika, Rusya gibi ülkeler de toryum ile ilgili geleceğe yönelik stratejilerini belirlemişlerdir. Bu ülkelerde toryum yakıtlı reaktörlerin geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi üzerinde çalışılmaktadır. Örnek verecek olursak; AB'de hızlandırıcı sürümlü sistemler ile ilgili MYRRHA projesi ve MSR ile ilgili SAMOFAR projesi üzerinde çalışılmaktadır. Ancak ne yazık ki Türkiye'de bu konuda belirlenen ne bir plan, program ne de bir çalışma mevcut değildir. Diğer ülkeler gibi Türkiye de MSR alanında çalışmalarına başlamalıdır. Toryum-uranyum karışık yakıtlar, saf uranyuma göre daha az plütonyum oluşumuna neden olur. Ayrıca ülkemiz toryum rezervi açısından zengin bir ülke olup, bu avantaj değerlendirilerek dışa bağımlılık da azaltılabilir. Toryum yakıtı Hızlandırıcı Sürümlü Sistemler ile birlikte kullanıldığında, 'Yeşil Nükleer

[1] Ekstraksiyon, bir çözelti veya süspansiyon içindeki inorganik veya organik bir maddeyi bir başka çözücü yardımıyla ayırma işlemidir. Çekme metodu olarak bilinmektedir.

Enerji'ye hitap etmektedir. Bu sistemde uranyum veya plütonyuma gerek yoktur. Bunun yanı sıra bu tip reaktörler, geleneksel modellere göre daha az atık oluşumuna neden olmaktadır. Bunun için en kısa sürede Türkiye'de Ulusal Proton Hızlandırıcısı Laboratuvarı'nın kurulması, ülke açısından iyi bir gelişme olacaktır. Ayrıca bu teknoloji gelişmiş ülkelerde kanser hastalığının en etkili tedavi metodu olarak kullanıma sunulmuştur. Hızlı Sürümlü Sistemlerin 15-20 yıl içinde ticarileşmesi öngörülmektedir. Türkiye'de radyoizotop üretim tesisi sadece Ankara'da bir adet bulunmaktadır. Türkiye için ilk elde iki tip nükleer reaktör söz konusu olabilir: Zenginleştirilmiş nükleer yakıt kullanan hafif su soğutmalı nükleer reaktörler ve Tabii uranyum kullanan ağır su soğutmalı nükleer reaktörler (CANDU)'dir (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019).

Nükleer alanı çok yönlü, multidisipliner bir alan olduğu için, nükleer enerjinin kullanımı ülkenin her alanda gelişmesini sağlayacaktır. Türkiye'de nükleer enerjinin durumu incelendiğinde; mevcut bir çalışmanın, ilerlemenin olduğu ancak, yeterli seviyede olmadığı, daha yolun çok başında olduğumuz anlaşılmaktadır. Türkiye'de şu an için var olan politika, Akkuyu nükleer güç santrali de başta olmak üzere, ortalama elektrik enerjisi maliyetlerini azaltmayı amaçlayan, nükleer enerjiden elektrik enerjisi üretme/ürettirme politikasıdır. Yerelleştirme politikası için ulusal, yerel stratejiler belirlenmelidir. Geleceğin temiz nükleer yakıtı olarak görülen ve üzerinde yoğun çalışmaların sürdüğü toryum yakıtının, Sinop'ta inşa edilmesi planlanan ATMEA-1 reaktörüne uyum sağlayabileceği ve kullanılabileceği belirtilmektedir. Bu konuda Japonya ile ortak çalışılacak olması Türkiye'nin lehine bir durum olup, bunu değerlendirebilmelidir. Ayrıca kurulacak olan 3. nükleer santralin CANDU tipli olmasının daha uygun olacağı görüşüne varılmıştır. Çünkü, CANDU tipi reaktör diğer reaktör tiplerine kıyasla daha basit ve klasik bir tiptir, dolayısıyla nükleer enerjiye yeni yeni adım atan Türkiye'nin bu tip reaktörü tercih etmesi daha sağlıklı olacaktır. Ayrıca MSR VE MYRRHA projeleri de desteklenmeli ve ülkemizin de bu projelerde yer alması sağlanmalıdır (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019).

3.2. Türkiye'de Nükleer Enerji Alanında Yapılması Gereken Uygulamalar

Nükleer ile ilgili çalışmaları nükleer teknoloji ve nükleer teknikler olarak ayrı gruplar altında incelemek daha uygun olacaktır. Nükleer teknoloji, daha çok sanayi ve enerji uygulamalarını kapsarken, nükleer teknikler, radyasyon ve hızlandırıcı ile uygulamalarını ve akademik temel bilim çalışmalarını kapsamaktadır. Nükleer enerji alanındaki AR-GE ve ÜR-GE çalışmaları belirlenmeli ve sınıflandırılmalıdır (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019). Ülkemizde 'TÜRKATOM' adı ile yerli bir kurum kurulmalıdır. Bu kurum spesifik olarak nükleer teknoloji ile ilgili bütün AR-GE çalışmalarının yürütülmesinden, denetlenmesinden sorumlu olup, bürokratik engellere takılmadan kalifiye personel ile yeni tasarımların geliştirilmesini sağlamalıdır. Ülkemizde Nükleer Enerji ve Türkiye Nükleer Devlet Üniversitesi adı ile ayrı bir üniversite kurulmalıdır. Bu üniversite doğrudan Enerji Bakanlığı'na bağlı olmalıdır. Ayrıca, Ankara Sarayköy ve İstanbul Çekmece Nükleer Araştırma Merkezleri de kurulacak bu yeni üniversiteye dâhil edilebilir. Kurulacak olan üniversite sayesinde mevcut olan nükleer enerji, iyonlaştırıcı radyasyon teknolojilerinde araştırma, geliştirme çalışmaları yapılabilecektir. Nükleer santrallerde soğutma işleminde en önemli malzeme, bor katkılı olandır. Çünkü, bor madeni iyi bir nötron yakalayıcısıdır. Dolayısıyla nükleer enerji alanında bor madeni kullanımına da öncelik verilmelidir. Nükleer enerjinin yanı sıra nükleer tıp da çok önemli bir yere sahiptir. Özellikle kanser hastalığının tanı ve tedavisinde, röntgen gibi görüntüleme sistemlerinde yoğun olarak nükleer tıptan yararlanılmaktadır. Ülkemizde Radyoizotop Üretim Tesisi bir adet olup, Ankara'da bulunmaktadır. Bu sayı artırılmalı, dış bağımlılık azaltılmalıdır. Radyoizotop Üretim Tesisi Türkiye Nükleer Devlet Üniversitesi bünyesine alınmalıdır. Nükleer Enerji ve Türkiye Nükleer Teknoloji Enstitüsü için ilk Nükleer Teknoloji Enstitüsü Yönetmelik Taslağı hazırlanmalıdır. Nükleer faaliyetlerin yürütülmesi, denetlenmesi Türkiye tarafından imzalanmış olan 'Nükleer Güvenlik Sözleşmesi'ne bağlı olarak TAEK tarafından yürütülmektedir. ÇNAEM'in deneyimlerine bakıldığında; Türkiye'de bu alanda araştırma, teknolojiye sahip olma ve geliştirme, hizmet verme ile ilgili bir kurum veya enstitü olmalıdır. Örneğin; Kore'de bulunan KAERI (Kore Atom Enerjisi Araştırma Enstitüsü) gibi (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019).

Türkiye, nükleer atık konusunda da çalışmalar yapmalıdır. Nükleer atık sorunu kanayan bir yaradır. Atıkların depolanacağı bölgeler, depolama ve bertaraf yöntemleri araştırılmalı, var olan teknikler güncellenmeli, iyileştirilmelidir. Örneğin; nükleer enerjiyi kullanan bir ülkenin atığı, başka bir ülkeye depolama için gönderilmek istendiğinde, bazı ülkeler bunu kabul etmemekte ve yasaklar koymaktadır. Nükleer enerji, yaşanan nükleer kazalardan dolayı insanlar tarafından olumsuz karşılansa da kamuoyu

açık, net bir şekilde bilgilendirilmeli, insanların önyargıları olumlu yargılarla değiştirilmelidir. Nükleer enerjiyi halkın kabul etmesi, onaylaması çok önemlidir. Nükleer enerji, enerjide dışa bağımlılığı azaltmanın yanı sıra arz güvenliğini sağlamak, sürdürülebilir bir enerji politikası oluşturabilmek için ilk sırada tercih edilmesi gereken enerjidir. Nükleer enerjinin kullanılması aynı zamanda nükleer teknolojinin de gelişmesini sağlayacaktır. Nükleer teknolojinin olduğu bir ülkenin hem enerji santrallerine hem de nükleer silaha sahip olacağı düşünülmektedir. Nükleer teknoloji enerji üretiminin yanı sıra tıp, endüstri, tarım, savunma, havacılık gibi birçok farklı alanda kullanılabilmekte ve bu çok yönlü yapısı ile ülkelerin kalkınmasına, gelişmesine katkı sağlamaktadır. Türkiye'nin orta ve uzun vadede nükleer enerjiye ihtiyacı vardır. Türkiye'nin yerel enerji kaynakları enerji talebinin karşılanmasında yetersiz kalmaktadır. Dolayısıyla enerji talebi ithal enerji ile karşılanmaktadır. Bu durum da ülkeyi diğer ülkelere bağımlı hale getirmektedir. Alternatif enerji kaynakları kullanıma sunulmalı, dışa bağımlılık azaltılarak ithalat maliyeti de azaltılmalıdır. Böylelikle enerjide arz güvenliği de sağlanmış olacaktır. Türkiye enerji talebini karşılayabilmenin yanında özellikle hem enerjide hem de bürokratik olarak güvenli bir enerji ortamı oluşturabilmek için nükleer enerjiyi kullanmak zorundadır. Artık bu durum tercih olmaktan çıkmış, zorunluluk halini almıştır. Türkiye bu şekilde bir yaklaşım geliştirmelidir. Ayrıca Türkiye enerjide liberalleşmeyi amaçladığı için nükleer enerjide de liberal bir politika izlemek istemektedir. Diğer ülkeler enerji sektöründe kamulaşmaya yönelirken, Türkiye tam aksine serbestleşmeye, özel sektöre yönelmektedir. Ancak enerji sektörü stratejik, bürokratik etmenlerin de etkisinde olduğu için özelleşmesi ülkenin aleyhine bir durum olacaktır (Uluslararası Enerji ve Güvenlik Kongresi,2014).

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Geleceğin temiz nükleer yakıtı olarak görülen ve üzerinde yoğun çalışmaların sürdüğü toryum yakıtının, Sinop'ta inşa edilmesi planlanan ATMEA-1 reaktörüne uyum sağlayabileceği ve kullanılabileceği belirtilmektedir. Bu konuda Japonya ile ortak çalışılacak olması Türkiye'nin lehine bir durum olup, bunu değerlendirebilmelidir. Ayrıca kurulacak olan 3. nükleer santralin CANDU tipli olmasının daha uygun olacağı görüşüne varılmıştır. Çünkü, CANDU tipi reaktör diğer reaktör tiplerine kıyasla daha basit ve klasik bir tiptir, dolayısıyla nükleer enerjiye yeni yeni adım atan Türkiye'nin bu tip reaktörü tercih etmesi daha sağlıklı olacaktır. Ayrıca MSR VE MYRRHA projeleri de desteklenmeli ve ülkemizin de bu projelerde yer alması sağlanmalıdır. Nükleer alanı çok yönlü, multidisipliner bir alan olduğu için, nükleer enerjinin kullanımı ülkenin her alanda gelişmesini sağlayacaktır (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019).

Türkiye'de nükleer enerjinin durumu incelendiğinde; mevcut bir çalışmanın, ilerlemenin olduğu ancak, yeterli seviyede olmadığı, daha yolun çok başında olduğumuz anlaşılmaktadır. Türkiye'de şu an için var olan politika, Akkuyu nükleer güç santrali de başta olmak üzere, ortalama elektrik enerjisi maliyetlerini azaltmayı amaçlayan, nükleer enerjiden elektrik enerjisi üretme/ürettirme politikasıdır. Yerelleştirme politikası için ulusal, yerel stratejiler belirlenmelidir. Türkiye zaman kaybetmeden nükleer enerjiye, nükleer teknolojiye yönelik çalışmalarını artırmalı ve hızlandırmalıdır. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi nükleer teknolojinin kullanımı ülkenin hem ekonomik yönden hem de teknolojik ve bilimsel olarak ilerlemesini, kalkınmasını sağlayacaktır. Ayrıca nükleer reaktör inşasında yerli imkanlar ve yerli kalifiye personelin kullanılması önceliğimiz olmalı, dışa bağımlılık azaltılmalı, beyin göçü önlenmeli ve dışa bağımlılığımızı azaltacak reaktör tiplerinin kullanımı da göz önünde bulundurulmalıdır (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019).

Önümüzdeki 5-10 yıllık süreç içerisinde toryumlu nükleer reaktörlerin kullanılabileceği öngörülmektedir. Bunun yanı sıra, ABD, AB, Çin ve Hindistan ülkeleri önde olmak üzere, birçok ülkede toryumun yakıt olarak kullanılmasına yönelik Erimiş Tuz Reaktörleri (MSR) üzerinde çalışılmaktadır. Bu tip reaktörlerin 2020'lerde kullanılması beklenmektedir. Diğer ülkeler gibi Türkiye de MSR alanında çalışmalarına başlamalıdır. Ergimiş Tuz Reaktörlerinin de 10-15 yıl içerisinde kullanılacağı öngörülmektedir (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019). ABD, Almanya, İngiltere, Japonya, Hindistan ve Kanada'da toryumun reaktörlerde yakıt olarak kullanılması için bazı çalışmalar yapılmaktadır. ABD, Almanya ve Hindistan reaktörlerde yakıt olarak toryum kullanılmasında başarılı olduklarını göstermişlerdir. Hafif ve ağır su, yüksek sıcaklık güç reaktörleri ve hızlı reaktörlerde yakıt olarak toryum kullanılarak, daha az zararla, daha az atıkla enerji üretimi yapılabilmektedir. Toryum tek başına kullanıldığında doğrudan enerji üretemese de uranyum veya plütonyum ile birlikte kullanıldığında daha

uzun süreli enerji üretebilmektedir. Yüksek sıcaklık reaktörlerinde yakıt olarak toryum kullanılabilmekte ve elektrik üretiminin yanı sıra proses ısı da sağlanmaktadır. Nükleer reaktörlerde yakıt olarak toryumun kullanılması, uranyuma oranla daha az nükleer atık oluşumuna neden olmaktadır. Çünkü, toryum yakıt döngüsünde uranyumdan daha az plütonyum elementi açığa çıktığı için, daha az nükleer yakıt oluşmaktadır. Toryum en temiz nükleer yakıt olarak kabul edilmektedir. Ayrıca nükleer silah yapımında da kullanılamadığı için, nükleer silahların kullanılmasının önlenmesi açısından da önem arz etmektedir (URL-26). Tüm bu özellikleri ile toryum geleceğin nükleer yakıt adayı konumundadır (Eral,2015). İlerleyen zamanlarda uranyum yerine toryumun nükleer yakıt olarak kullanılabileceği öngörülmektedir. Toryum ile ilgili çalışmalar devam etmekte olup, şu an için toryum ile çalışan ticari bir reaktör yoktur (URL-26).

2030 yılı Sürdürülebilir Kalkınma Gündemindeki hedeflere göre, 2020 yılına kadar kimyasal maddelerin ve bütün atıkların uygun bir şekilde yönetilebilmesi, insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkilerinin minimum seviyeye indirilebilmesi için atıkların hava, su ve toprağa karışmalarının önemli oranda azaltılması öngörülmektedir (Veral,2019). Dünya genelinde enerji politikaları incelendiğinde; 2030 yılına kadar doğalgaz ve hidroelektrik hariç yenilenebilir kaynakların elektrik üretimindeki paylarının artacağı, ancak ülkeler CO_2 salınımını önlemek için sıkı tedbirler almadığı sürece, kömürün dünyanın en önemli enerji kaynağı olarak liderliğini koruyacağı öngörülmektedir. Bunun yanı sıra özellikle Asya-Pasifik ülkelerinde nükleer enerjinin artacağı beklenmektedir. Nükleer enerji kullanımının gelişmiş ülkelerde gelişmekte olan ülkelere oranla daha az olacağı tahmin edilmektedir. Gelişmiş ülkelerde nüfus artış hızının az olması, enerjide yoğun sanayinin tercih edilmemesi ve enerjide doyum olmasından dolayı nükleer enerji kullanımı daha az olmaktadır. Ancak hidrojen üretimi gibi nükleer reaktörün enerji üretimi dışındaki uygulamalarının yapılabilmesi için reaktör sayısının artabileceği öngörülmektedir (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019). Ayrıca nükleer kaza olma olasılığı daha düşük olan iklim dostu küçük modüler reaktörler (SMR) ve yenilikçi dördüncü nesil ergimiş tuz santralleri (ETS) üzerinde çalışmalar olumlu bir şekilde devam etmektedir. Bu çalışmaların olumlu yönde ilerlemesi nükleer kaza endişelerini de azaltmaktadır. Bunların yanı sıra kullanılmış yüksek radyoaktivite içeren nükleer atıklar kaynaklı baz yüklü karbonsuz yeni nesil hızlı üretken reaktörlerin (FBR) yapımı da devam etmektedir. Önümüzdeki 30 yıl içinde nükleer enerji kapasitesinin iki kat daha artırılarak dünya enerji üretimindeki önemini koruyacağı öngörülmektedir. Ayrıca ısı ve hidrojen üretimi gibi birçok alanda nükleer tekniklerin kullanımı artış göstermektedir. Baz yüklü karbonsuz yeni nesil eritilmiş tuz reaktör üniteleri su ile soğutulmadığı için kurak alanlara da kurulabilir (Taner, 10/2021).

Nükleer enerjiyi kullanan ülkeler, nükleer atık yönetimini de göz ardı etmemeli ve gereken önemi vermelidir. Nükleer enerji alanı, nükleer atıkları da içine alan önemli ve geniş kapsamlı bir alandır. Kurulacak olan nükleer santralin maliyet hesabı yapılırken, santralin inşası, lisanslamasından, depolanması ve bertarafına kadar tüm prosesin maliyet hesabı yapılmaktadır. Bu nükleer atıkların yönetimi ve bertarafı için tahmin edilen maliyet, üretilen toplam elektriğin maliyetinin %5'i kadardır (Thinktech STM,2018). Nükleer santrale sahip olan ülkeler, atıkların kalıcı olarak depolanması için jeolojik depolama tesisleri kurulmasını planlamaktadır. Bu depolama alanları, dünya yüzeyinden 500 metre derinlikte, taş, kil veya tuz katmanlarından oluşmaktadır. Ancak araştırmalar halen devam etmektedir. Nükleer atıklar, santrallerdeki geçici depolama ünitelerinde saklanmaktadır. Radyoaktif atıklar, stabil halde bile radyoaktiviteye sahip oldukları için, diğer atıklara kıyasla daha farklı çözüm yolları araştırılmalı, uygulamaya konulmalı, daha üst seviyede güvenlik tedbirleri alınmalıdır. Bu atıklar depolanırken de radyoaktif emisyonun önlenmesine dikkat edilmelidir (Şahin, vd., 2016 (çeviri)). Türkiye'de yüksek seviyeli atıklar için şu anki şartlarda en uygun metot ya yeniden işlemeye tabi tutmak ya da yerin 500 metre altına gömmektir. ABD de dahil hiçbir ülke kullanılmış yakıtlarını yeraltına gömmemiştir. Çünkü ilerleyen sürecin ne göstereceği, hangi metotların ortaya çıkacağı bilinmemektedir (Polatoğlu, 2016). Nükleer enerji mevcut olan yenilenebilir enerji kaynakları ile entegre çalışabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Nükleer kazalara karşı daha ılımlı, dirençli yakıtlar araştırılmalıdır. Ayrıca tüm bunların yanı sıra nükleer enerji üretim sürecinde elde edilen ısıdan ve bu süreçten nasıl yararlanılabileceği de araştırılması gereken bir başka konudur. Santralde enerji üretimi sonrasında açığa çıkan atık ısıdan buhar veya hidrojen üretilebilir. Hatta farklı sektörler için amonyak bile üretilebilir. Bunun yanında temiz su da elde edilebilir. Bu proses ısı, bölgesel ısıtma sistemleri ve endüstriyel

uygulamalarda da kullanılabilmektedir. Ayrıca kojenerasyon uygulamaları da mevcuttur (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019).

Ülkemizde nükleer enerji alanında spesifik, şeffaf, bağımsız, düzenleyici bir otoriteye sahip kuruma ihtiyaç vardır. Bu nedenle özellikle nükleer alan ile ilgilenecek bir kurum kurulmalıdır. Nükleer güvenlik politikası belirlenmelidir. İnsan kaynakları alanı geliştirilmeli ve altyapı düzenlemesi yapılmalıdır. Ulusal Radyoaktif Atık Yönetimi Planı oluşturulmalıdır. Düşük ve orta seviyeli radyoaktif atıklar için depolama ve bertaraf tesisleri tasarlanmalı ve saha seçimi yapılmalıdır. Kullanılmış yakıtların bertarafı durumunda ise, bu konuda tecrübeli olan ülkeler ile iş birliği yapılmasında fayda vardır. Nükleer atık yönetimi ile ilgili uluslararası projeler takip edilmeli ve yer almak için ülkeler ile irtibat halinde olunmalıdır (TÜBA Nükleer Enerji Raporu, 2019). Nükleer enerji kabul sorununun çözümü, desteklenmesi, halkın ve kamuoyunun doğru ve güven çerçevesi içinde bilgilendirilmesi, yönlendirilmesi amacıyla akademisyenlerden, nükleer enerji alanında uzman olan kişilerden oluşan bir çalışma grubu oluşturulmalıdır. TAEK'in mevcut yapısında değişiklikler yapılmalı, eksik olan bölümler tamamlanmalı, kalifiye personel ihtiyacının karşılanması için çalışmalar yapılmalıdır. Enerji arz güvenliğinin ve enerji sürekliliğinin sağlanabilmesi için aynı zamanda da dışa bağımlılığı azaltarak enerjide bağımsızlığı sağlayabilmek için nükleer enerji tercih edilmelidir. Türkiye'de milli, devletçi, bağımsız, bütüncül ve diğer alanlarla koordineli bir enerji politikası benimsenmelidir. Nükleer santral tipi belirlemede yüksek güvenlik sistemlerine sahip, minimum miktarda kirliliğe neden olacak, maksimum miktarda verim sağlanabilecek, son sistem, modern bir model seçimi yapılmalıdır (Uluslararası Enerji ve Güvenlik Kongresi,2014).

KAYNAKÇA

(URL-26). https://tr.wikipedia.org/wiki/Toryum adresinden alındı

World Nuclear Association (Ocak 2022) Temmuz 05, 2022 tarihinde https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/radioactive-waste-management.aspx adresinden alındı

Atakan, Y. (2015). *Elektrik Enerjisi Üretiminde Yenilenebilir Enerjiler ve Nükleer Enerjiyle İlgili Gerçek Durum Nedir?* Ekim 26, 2022 tarihinde Fizik Mühendisleri Odası: https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2016/01/ELEKTRIK-URETIMINDE-NUKLEER-atakan-170615.pdf adresinden alındı

Bakır, G. (2013). Türkiye'nin Nükleer Enerji Politikaları ve Mersin Akkuyu Nükleer Güç Santrali, Yüksek Lisans Tezi. *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*. Ankara.

Demirkol, İ. (2005). Hızlandırıcıya Dayalı Yeni Nesil Reaktörler. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 8*(1), 16-25.

Dünya Nükleer Atık Raporu Yönetici Özeti Odak Noktası Avrupa. (2019). 27 08, 2022 tarihinde https://worldnuclearwastereport.org adresinden alındı

Eral, M. (2015). Nükleer Güç Santralleri ve Ülkemiz . *Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü*. İzmir.

Ergün, S., & Polat, M. A. (2012). Nükleer Enerji ve Türkiye'ye Yansımaları. *İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1*(2), 34-58.

Mermer, T. H. (2019, Haziran). Alternatif Nükleer Yakıtlarda Minor Aktinit Kullanımının Nükleer Güvence Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Ankara.

Ogawa, T., Minato, K., Okamoto, Y., & Nishihara, K. (2007). Nuclear Energy and Waste Management-Pyroprocess for System Symbiosis. *Journal of Nuclear Materials, 360*, 12-15.

Osmanlıoğlu, A. E. (2014). *Radyoaktif Atık Yönetimi* (1. Basım b.). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Öngü, S. (2014, Temmuz). Nükleer Reaktörler, Yakıt Tipleri ve Mersin Akkuyu Nükleer Santrali, Yüksek Lisans Tezi. *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Niğde.

Polatoğlu, A. (2016, Kasım). Türkiye'de Kurulması Planlanan Nükleer Santrallerde Kullanılacak Nükleer Yakıtların ve Atıkların Teknoekonomik Açıdan İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Elazığ.

Raj, K., Prasad, K. K., & Bansal, N. K. (2006). Radioactive Waste Management Practices in India *Nuclear Engineering and Design , 236*, 914-930.

Şahin, E., Şahin, M., Oğuz, Y., & Güven, Y. (2016). Analyses of Nuclear Power Plant Waste In Terms of Environmental Policies. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 3*(3), 513-520.

Taner, A. C. (2021, Ekim). *Küresel İnovatif Nükleer Güç Sanayi Gelişmeleri Doğrultusunda Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA 2050 Nükleer Elektrik Üretimi Projeksiyonları.* FMO: https://www.fmo.org.tr/faydali-bilgiler/ adresinden alındı

Thinktech STM. (2018, Haziran). Nükleer Atıklar Nasıl Yönetiliyor, Trend Analizi. https://thinktech.stm.com.tr adresinden alındı

TÜBA. (2019). *Nükleer Enerji Raporu.* http://www.tuba.gov.tr/ adresinden alındı

Tzoumis, K., & Bozzetti, N. (2017). Evaluating Nuclear Waste Disposal Policy In The US: A Comparative Case Study. *International Journal of Arts& Sciences, 10*(2), 633-652.

Uluslararası Enerji ve Güvenlik Kongresi Bildiriler Kitabı. (2014)., *cilt 1, sayı 1.* Kocaeli. http://tara.sdu.edu.tr/vufind/Record/100632 adresinden alındı

Veral, E. S. (2019). Uluslararası Tehlikeli Atık ve Kimayasallar Politikalarında Güncel Gelişmeler. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 7*(1), 1-11.

Yıldırım, M., & Örnek, İ. (2007). Enerjide Son Seçim: Nükleer Enerji. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6*(1), 32-44.

YÖK. (2017). *KBRN Çalıştay Raporu.* Ankara. http://www.yok.gov.tr/2017kbrnçalıştayraporu adresinden alındı

Presentation ID / Sunum No: 121

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-7778-194X

High DRD4 Expression is Related With Worse Survival Rate in Renal Cell Carcinoma

Asst.Res.Dr. Feyzanur Yıldırımtepe Çaldıran
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

***Abstract**: Dopamine receptors (DA, 3-hydroxytyramine) associated with signal transmission network characterized by central nervous system (CNS). Although DA is functional in the brain, studies show that it is also involved in the heart, kidney, gastrointestinal, and blood-vascular systems. In addition, DA receptor disorders have been reported to be associated with neurological diseases and cancer. DRD4 is a member of DA which inhibits adenylyl cyclase activity. Moreover, it is a target for drugs associated with treatment of schizophrenia and Parkinson disease. Renal cell carcinoma (RCC) is one of the most common malignant tumors worldwide. One of the most common subtypes of RCC cancer is clear cell renal cell carcinoma (KIRC or ccRCC). The most troublesome feature of KIRC is that it does not show specific symptoms. Therefore, KIRC, which cannot be diagnosed early, is associated with low survival. In particular, the survival rate of RCC patients in stage I is about 80-95%, while this rate drops below 10% in patients with KIRC in stage IV. For this reason, it is very important to determine the KIRC-specific pathogenesis and to find gene-specific treatment methods. In this study, we analyzed the regulation of DRD4 in KIRC and relationship between expression and survival ratio using bioinformatics tools. In conclusion, we observed that DRD4 expression was increased in tumor tissue samples compared to normal tissue. And it was associated with poor survival. In conclusion, we suggest that DRD4 antagonists or inhibitors can be used for therapeutic purposes in the treatment of KIRC disease.*

***Keywords:** Dopamine Receptors, Renal Cell Carcinoma, Clear Cell Renal Cell Carcinoma, Worse Survival*

Introduction

Dopamine receptors (DA, 3-hydroxytryptamine) acts a role in the signal transmission network characterized by the central nervous system (CNS) [1-3]. The dopamine receptor family consists of 5 different members of DRD (1 to 5) associated with the G-protein coupled receptor (GCPR) [4]. Although DA is functional in the brain, studies show that it is also involved in the heart, kidney, gastrointestinal, and blood-vascular systems [4-5]. In addition, DA receptor disorders have been reported to be associated with neurological diseases and cancer. DRD1 is associated with cholangiocarcinoma, breast cancer, colorectal cancer and glioblastoma, and overexpression of DRD2 has been shown to increase the risk of cancer in patients with schizophrenia and trigger skin and breast cancer in Parkinson's disease (PD) [6-8]. In addition, DR2 polymorphisms is the risk factor for lung, stomach or colorectal cancers [9]. High DRD4 expression is associated with bad survival in glioma blastoma (GBM) [8]. Overexpression of DRD5 has been reported to increase lung, and liver cancer or neuroblastoma progression [8-11].

According to The American Cancer Society, over 79,000 people are diagnosed with RCC, and 13,920 people die cause of this disease in 2022 (12). One of the most common subtypes of RCC cancer is clear cell renal cell carcinoma (KIRC or ccRCC). The most troublesome feature of KIRC is that it does not show specific symptoms. Therefore, KIRC, which cannot be diagnosed early, is associated with low survival (13). In particular, the survival rate of RCC patients in stage I is about 80-95%, while this rate drops below 10% in patients with KIRC in stage IV (14). For this reason, it is very important to determine the KIRC-specific pathogenesis and to find gene-specific treatment methods.

Studies show that DA family members increased in different types of cancer and are useful for gene-specific treatments (15-16). However, there is no study on how DRD4 is effective in KIRC.

In this study, we analyzed the regulation of DRD4 in KIRC and the relationship between expression and survival ratio using bioinformatics tools. In conclusion, we observed that DRD4 expression was increased in tumor tissue samples compared to normal tissue. In addition, high DRD4 expression is related to a poor survival ratio. In conclusion, we suggest that DRD4 antagonists or inhibitors can be used for the treatment of KIRC disease.

Materials and Method

2.1 DRD4 expression in various cancer type

We used GENT2 (http://gent2.appex.kr/gent2/), (17) database to investigate DRD4 expression in all cancer types.

2.2 DRD4 expression based on KIRC subtypes

UALCAN was used for analyzing DRD4 expression in KIRC patients and healthy individuals (http://ualcan.path.uab.edu/cgi-bin/ualcan-res.pl), (18).

2.3 Survival analysis

We used UALCAN, GENT2 and UCSC Xena (https://xena.ucsc.edu/), (19) and Human protein atlas for survival analysis of DRD4 over-expression in KIRC patients.

Results

Firstly, we compared DRD4 expression between patients and normal tissue samples using GENT2 database. There was high DRD4 expression in the bladder, bone, brain, colon, endometrium, lung, prostate, skin and stomach normal tissues while high expression of DRD4 in blood, kidney, pharynx, uterus and vulva tumor tissues (Fig 1). We then investigated the regulation of DRD4 in KIRC patients based on nodal metastasis status, individual cancer stage, tumor grade and KIRC subtypes. We observed a significant increase in tumor samples compared to normal samples (Fig 2A). When we compared the patients according to their nodal metastasis status and individual cancer stage, the highest expression was observed in NO status and stage 3 (Fig 2B, 2C). When we examined the expression level according to subtypes of KIRC cancer, the highest expression was observed in the ccA type (Fig 2D). In the comparison of the DRD4 gene in adult and children term distribution, there was higher DRD4 expression in the adult period (Fig 2E). Finally, we analyzed the diagnostic value and association with the death of elevated DRD4 expression in KIRC patients. In conclusion, we found that high DRD4 expression is associated with poor survival (Fig. 3).

DISCUSSION

We analyzed the relationship between DRD4 expression and all cancer types using the GENT2 database. We observed that DRD4 was increased or decreased depending on cancer type. Studies reported that DRD4 expression increased in glioma blastoma patients and could inhibit the growth of GBM neural stem cells by using dopamine receptor D4 (DRD4) antagonists (21). Chikhaoui et al. also showed that DRD4 is over-expressed in patients with melanoma (22). In the current study, we showed that DRD4 is over-expressed in kidney, pharynx, uterus and vulva cancers. In addition, we revealed changes in DRD4 expression based on KIRC subgroup analyses of nodal metastasis status, individual cancer stage, tumor grade and KIRC subtypes, we found that the expression of DRD4 was always increased compared to normal tissues. Moreover, kaplan-meirer analyses indicated that DRD4 expression was a predictor of OS in patients with KIRC. The DRD4 over-expression has been associated with poor KIRC prognosis.

DRD4 is responsible for the regulation of renal sodium channels in the kidney (23). Change in gene expression causes high blood pressure and hypertension. In addition, studies have shown that excessive expression of dopamine receptors is associated with many cancers. In this case, DR antagonists useful for treatment of cancers. In this study, we show that DRD4 can be a KIRC-specific biomarker and plays a key role in disease development.

CONCLUSION

In conclusion, DRD4 is observed to be over-expressed in many cancers, including the kidney. Additionally, DRD4 is increased in all subtypes of the disease in KIRC compared to healthy individuals. DRD4 also over-expressed adult period than childhood, and this over-expression can be associate with age. In addition, over-expression of DRD4 is related to poor survival in KIRC disease. Consequently, DRD4 has the potential to be a specific biomarker for KIRC.

Figure Legend

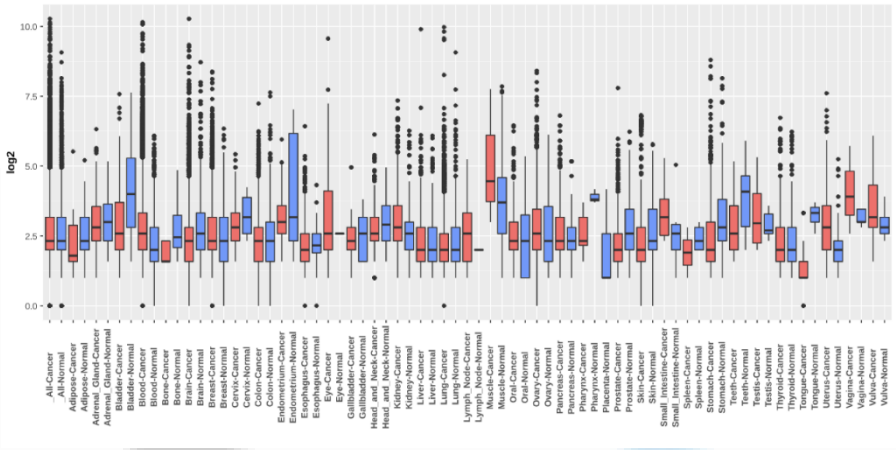


Fig. 1 Expression of DRD4 in various cancer types. Red colors show tumor patients and blue colors show healthy individuals. (*p < 0.05, **p < 0.01 ***p < 0.001).

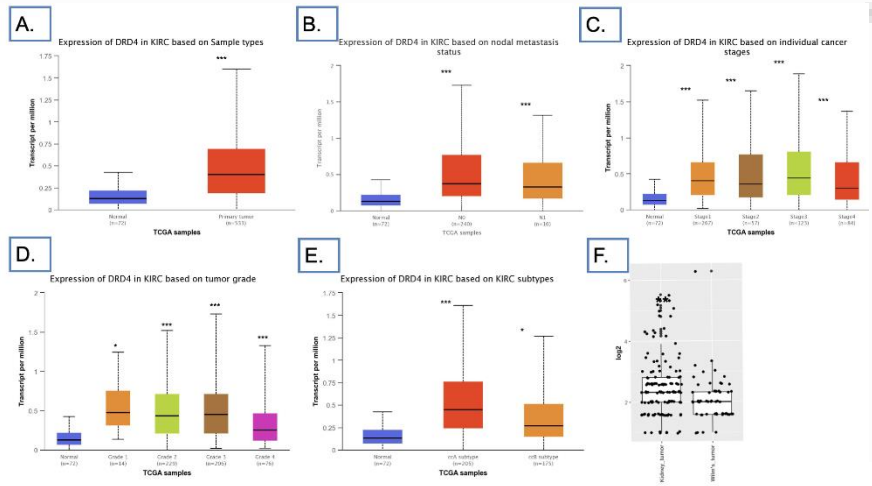


Fig. 2 Expression of DRD4 in KIRC. A. Comparison of DRD4 expression between normal and tumor tissue B. Comparison of DRD4 expression based on nodal metastasis status C. Comparison of DRD4 expression based on individual cancer stage D. Comparison of DRD4 expression based on tumor grade E. Comparison of DRD4 expression based on KIRC subtypes F. Comparison of DRD4 expression between kidney's tumor and Wilm's tumor

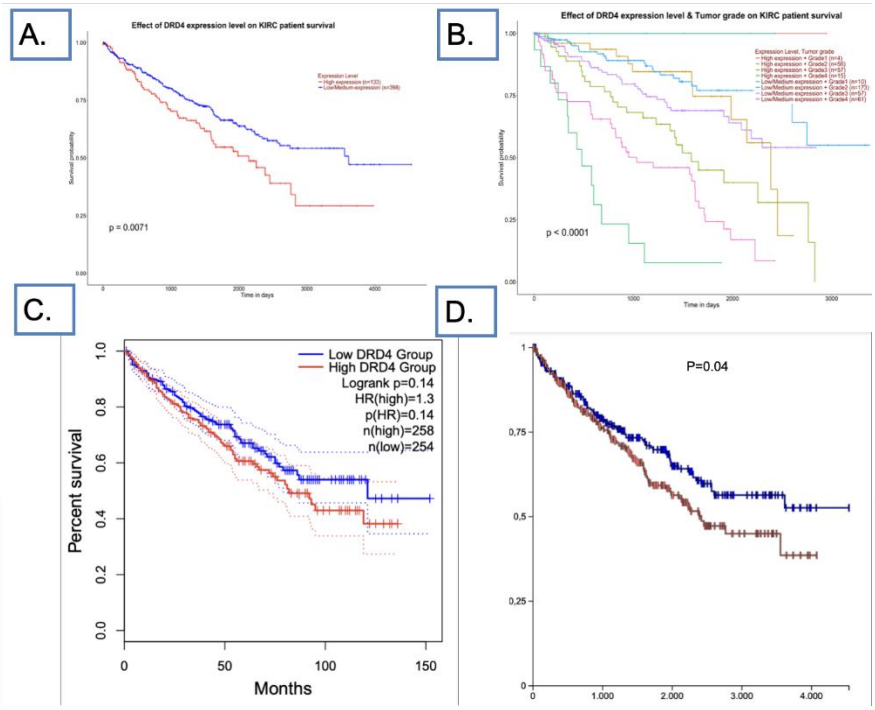


Fig. 3 Survival analysis of DRD4 expression in KIRC patients. A. GENT2 database B. UALCAN database C. UCSC Xena database D. Human protein atlas database

References

Beaulieu JM, Gainetdinov RR. The physiology, signaling, and pharmacology of dopamine receptors. Pharmacol Rev. 2011;63:182–217.

Peters MA, Walenkamp AM, Kema IP, Meijer C, de Vries EG, Oosting SF. Dopamine and serotonin regulate tumor behavior by affecting angiogenesis. Drug Resist Updat. 2014;17:96–104.

Eisenhofer G, Aneman A, Friberg P, Hooper D, Fandriks L, Lonroth H. et al. Substantial production of dopamine in the human gastrointestinal tract. The Journal of clinical endocrinology and metabolism. 1997;82:3864–71.

Vallone D, Picetti R, Borrelli E. Structure and function of dopamine receptors. Neuroscience and biobehavioral reviews. 2000;24:125–32.

Basu B, Sarkar C, Chakroborty D, Ganguly S, Shome S, Dasgupta PS. et al. D1 and D2 dopamine receptor-mediated inhibition of activated normal T cell proliferation is lost in jurkat T leukemic cells. The Journal of biological chemistry. 2010;285:27026–32.

Akbari ME, Kashani FL, Ahangari G, Pornour M, Hejazi H, Nooshinfar E. et al. The effects of spiritual intervention and changes in dopamine receptor gene expression in breast cancer patients. Breast cancer (Tokyo, Japan) 2016;23:893–900.

Coufal M, Invernizzi P, Gaudio E, Bernuzzi F, Frampton GA, Onori P. et al. Increased local dopamine secretion has growth-promoting effects in cholangiocarcinoma. International journal of cancer. 2010;126:2112–22.

Coufal M, Invernizzi P, Gaudio E, Bernuzzi F, Frampton GA, Onori P. et al. Increased local dopamine secretion has growth-promoting effects in cholangiocarcinoma. International journal of cancer. 2010;126:2112–22.

Kline CLB, Ralff MD, Lulla AR, Wagner JM, Abbosh PH, Dicker DT. et al. Role of Dopamine Receptors in the Anticancer Activity of ONC201. Neoplasia (New York, NY) 2018;20:80–91.

Gemignani F, Landi S, Moreno V, Gioia-Patricola L, Chabrier A, Guino E. et al. Polymorphisms of the dopamine receptor gene DRD2 and colorectal cancer risk. Cancer epidemiology, biomarkers & prevention: a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology. 2005;14:1633–8.

Cherubini E, Di Napoli A, Noto A, Osman GA, Esposito MC, Mariotta S. et al. Genetic and Functional Analysis of Polymorphisms in the Human Dopamine Receptor and Transporter Genes in Small Cell Lung Cancer. Journal of cellular physiology. 2016;231:345–56.https://www.cancer.org/

Hsieh, J. J., Purdue, M. P., Signoretti, S., Swanton, C., Albiges, L., Schmidinger, M., Heng, D. Y., Larkin, J., & Ficarra, V. (2017). Renal cell carcinoma. Nature reviews. Disease primers, 3, 17009. https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.9

Liao, G., Wang, P., & Wang, Y. (2021). Identification of the Prognosis Value and Potential Mechanism of Immune Checkpoints in Renal Clear Cell Carcinoma Microenvironment. Frontiers in oncology, 11, 720125. https://doi.org/10.3389/fonc.2021.720125

Silvestri, S. et al. . (2000) Increased dopamine D2 receptor binding after long-term treatment with antipsychotics in humans: a clinical PET study.Psychopharmacology (Berl.), 152, 174–180.

Roy, S. et al. . (2017) Activation of D2 dopamine receptors in CD133+ cancer stem cells in non-small cell lung carcinoma inhibits proliferation, clonogenic ability, and invasiveness of these cells.J. Biol. Chem., 292, 435–445.

Sachlos, E. et al. . (2012) Identification of drugs including a dopamine receptor antagonist that selectively target cancer stem cells.Cell, 149, 1284–1297.

Park, SJ., Yoon, BH., Kim, SK. et al. GENT2: an updated gene expression database for normal and tumor tissues. BMC Med Genomics 12 (Suppl 5), 101 (2019). https://doi.org/10.1186/s12920-019-0514-7

Chandrashekar DS, Karthikeyan SK, Korla PK, Patel H, Shovon AR, Athar M, Netto GJ, Qin ZS, Kumar S, Manne U, Creighton CJ, Varambally S. UALCAN: An update to the integrated cancer data analysis platform. Neoplasia. 2022 Mar;25:18-27. doi: 10.1016/j.neo.2022.01.001

Goldman, M.J., Craft, B., Hastie, M. et al. Visualizing and interpreting cancer genomics data via the Xena platform. Nat Biotechnol (2020). https://doi.org/10.1038/s41587-020-0546-8

Regev A., et al. 2017. The Human Cell Atlas. Elife. Dec 5;6. pii: e27041. doi: 10.7554/eLife.27041.

Dolma, S., Selvadurai, H. J., Lan, X., Lee, L., Kushida, M., Voisin, V., Whetstone, H., So, M., Aviv, T., Park, N., Zhu, X., Xu, C., Head, R., Rowland, K. J., Bernstein, M., Clarke, I. D., Bader, G., Harrington, L., Brumell, J. H., Tyers, M., … Dirks, P. B. (2016). Inhibition of Dopamine Receptor D4 Impedes Autophagic Flux, Proliferation, and Survival of Glioblastoma Stem Cells. Cancer cell, 29(6), 859–873. https://doi.org/10.1016/j.ccell.2016.05.002.

Chikhaoui, A., Jones, M., Režen, T., Ben Ahmed, M., Naouali, C., Komel, R., Zghal, M., Boubaker, S., Abdelhak, S., & Yacoub-Youssef, H. (2022). Inflammatory landscape in Xeroderma pigmentosum patients with cutaneous melanoma. Scientific reports, 12(1), 13854. https://doi.org/10.1038/s41598-022-17928-z.

Yudin, N.S., Mishakova, T.M., Ignatieva, E.V. et al. Association of dopamine receptor D4 (DRD4) gene polymorphism with cardiovascular disease risk factors. Russ J Genet Appl Res 5, 650–655 (2015). https://doi.org/10.1134/S2079059715060192.

Presentation ID / Sunum No: 142

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-7778-194X

Meme Kanserinde TRIM27 Geninin Yüksek Ekspresyonu Metilasyon ile Düzenlenmektedir.

Arş.Gör.Dr. Feyzanur Yıldırımtepe Çaldıran
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Özet: *Meme kanseri, kadınlarda en sık görülen ölümcül kanser tipidir. Son verilere dayanarak 2022 yılında 287,850 milyon kadına meme kanseri teşhisi konumuş ve 43,250 kadın bu kanserden dolayı hayatını kaybetmiştir. Meme kanserinde moleküler özelliklerine göre luminal ER pozitif, HER2-pozitif ve triple negative olarak sınıflandırılmıştır. Hastalığın gelişimi ve şiddeti bu alttiplere bağlı olarak değişiklik gösterir. Meme kanseri, meme dokusunu oluşturan hücrelerin düzensiz yayılımı ve alt tiplere bağlı gelişimi hastalığın patogenezini tahmin etmeyi zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, kanser ileri evreye geçmeden erken tanının konulması hastalığı önlemede oldukça önemlidir. Tripartite motif (TRIM) proteinleri, hücresel sinyalizasyonu, metabolizma ve otofajiyi birbirine bağlayan proteinlerdir. Bu nedenle, TRIM'ler kanserde önemli rollere sahiptirler. Ayrıca, TRIM'lerin, kanser dışındaki çeşitli hastalıklar ile ilişkisi, TRIM proteinlerini hedeflemenin, gelecekteki mekanik çalışmalar için umut vaat edebileceğini göstermektedir. Biz bu çalışma da TRIM aile üyelerinden biri olan TRIM27'nin meme kanserindekini etkisini araştırdık. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak hem normal hemde meme kanseri dokularında hemde kanser alttiplerinde (luminal, HER-2 ve triple negative) TRIM27'nin ekspresyon ve metilasyon profilini inceledik. Ayrıca bu gen ekspresyonunun hastaların sağ kalımı ile ilişkisini GEPİA ve UALCAN veritabanlarını kullanarak analiz ettik. Sonuç olarak TRIM27'nin kanser dokularında normal dokulara kıyasla arttığını gözlemledik. Ayrıca meme kanser alttiplerinde TRIM27 gen ekpresyonun en fazla triple negative alt tipinde over eksprese olduğunu gözlemledik. TRIM27'nin metilasyon statüsü kıyasladığımızda ise kanser dokularında TRIM27 metilasyonunun hem kanser dokularında hemde alt tiplerinde normal dokulara göre azaldığını gözlemledik. Survival analizlerimize göre, meme kanserinde yüksek TRIM27'nin kötü sağkalım ile ilişkili olduğunu tespit ettik. Sonuç olarak, bu çalışma, TRIM27'nin meme kanserinde rol oynadığını ve metilasyon profilinin bu genin düzenlenmesinde etkili olduğunu göstermektedir. Sonuçlarımız ayrıca yüksek TRIM27 ifadesinin BRCA'da kötü sağkalımda prognostik belirteç olarak kullanılabileceğini göstermektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Meme Kanseri, Trım27, Metilasyon, Kötü Sağkalım*

High Expression of Trım27 Gene İs Regulated With Methylation in Breast Cancer

Abstract*: Breast cancer(BRCA) is the most common mortal cancer type in women. In 2002, 287.850 million women were diagnosed with breast cancer and 43.250 women died from BRCA. BRCA classified as luminal ER positive, HER2-positive and triple negative according to molecular characteristics. The development and severity of the disease is changed to depend on these subtypes. In breast cancer, the abnormal spread of the cells and development of cancer progression because of subtypes of BRCA make it difficult to predict the pathogenesis of the disease. Therefore, early diagnosis of cancer is very important in preventing the disease. Tripartite motif (TRIM) proteins play a role in cellular signaling, metabolism, and autophagy. Furthermore, the association between TRIMs and cancer suggest that TRIM targeting may be a therepeutic target for treatment. In this study, we investigated the effect of TRIM27 in BRCA. For this purpose, we first examined the expression and methylation profile in normal and breast cancer tissues and also BRCA subtypes (luminal, HER-2 and triple negative). We also examined the association of this gene expression with survival. As a result, we observed that TRIM27 increased in cancer tissues compared to normal tissues. In addition, we also observed that highest TRIM27 gene expression in triple negative subtypes. When we compared the methylation status of TRIM27, we observed that TRIM27 methylation in cancer tissues decreased in both cancer tissues and subtypes compared to normal tissues. We next investigated the prognostic significance of the TRIM27 gene in BRCA patients using UALCAN and GEPİA. As a result, we found*

that high TRIM27 in BRCA cancer is associated with poor survival.In conclusion, TRIM37 is epigenetically regulated in BRCA and its overexpression can be used as a prognastic biomarker for poor survival.

Keywords: *Breast Cancer, Trım27, Methylation, Poor Survival*

Introduction

Breast cancer (BRCA) has highest mortality in women (1). Based on the latest data, 287.850 million women were diagnosed with breast cancer and 43.250 women died from BRCA in 2022 (2). The main cause of the BRCA is unknown, but genetic, hormonal, environmental, psychological and biochemical processes is effective for occurrence of the disease (3). Using molecular gene profiling, the BRCA was divided 4 subtypes as Luminal A, Luminal B, Triple Negative, and HER-2 (4). In addition, DNA copy number, DNA methylation and gene expression data are used in the creation of these subtypes (5). This subtypes show different clinical features. Treatment in breast cancer varies according to these subtypes. Trastuzumab and pertuzumab are beneficial for HER2 type patients, whereas triple negative patients have a poor prognosis and chemotherapy is recommended in addition to hormonal therapy (6-7). The luminal subtype, which constitutes 70% of breast cancers, is associated with a well prognosis and responds positively to endocrine treatments (8). Despite the development of early diagnosis methods and advances in treatment, heterogeneity in breast cancer subtypes is still an important cause of mortality and morbidity.

Members of the triple motif (TRIM) protein family contain three zinc-binding domains, a RING, a B-box type 1 and type 2 and a helix-helix region (9). TRIM family has approximately 80 members, is expressed in embryonic development and in many tissues (10). To date, TRIM proteins have been reported to be involved in cell proliferation, cell division and development, as well as in cancer progression and autophagocytosis (11,12). TRIM27 is a 58 kDa protein containing 533 amino acids, encoded on chromosome 6 in humans. TRIM27 acts as an E3 ubiquitin ligase, inducing ubiquitination of proteins involved in signaling pathways (13). Studies show that TRIM27 is highly expressed in various cancer, such as BRCA, ovarian cancer, hepatocellular carcinoma, ovarian cancer, and non-small cell lung cancer (NSCLC),4 (14-16). High expression of TRIM27 has been associated with worse pathological features and prognosis in many cancers. The role of TRIM proteins in cancer pathogenesis has nominated them as biomarkers (17). Although it is known that TRIM27 increases in BRCA, there is no study on its effect on subtypes and the role of methylation in TRIM27 regulation in BRCA.

In this study, we examined the expression and methylation profile of TRIM27 in BRCA subtypes. We also evaluated the effect of TRIM27 overexpression on survival. As a result, we showed that TRIM27 increased in breast cancer compared to normal tissues and promoter DNA methylation is effective in regulation of TRIM27 expression. We also observed that overexpression of TRIM27 due to probes was associated with poor survival. As a result, we think that the use of epigenetic-based drugs will be beneficial in the treatment of the BRCA.

Materials and Methods

TRIM27 gene expression data analysis

We used the Gent2 database which contains publicly available data for each cancers and normal tissues, to examine the expression profile of TRIM27 in all cancer types (18). Next, we wanted to analyze the methylation of TRIM27 in all cancer types. For this purpose, we used the Shiny Methylation Analysis Resource Tool (SMART) analysis program (19). In current study, we also used UALCAN database (20) for the analysis of TRIM27 expression and methylation in BRCA patients and the relationship between related gene expression-methylation and different disease status (nodal metastasis status, individual cancer stages, menopause etc.).

Survival analysis

Kaplan-Meier Plotter (21) analysis was used to determinate how BRCA cancer samples impacted TRIM27 genes on survival.

Results

TRIM27 expression and methylation in BRCA cancer

Firstly, we compared TRIM27 expression between BRCA patients and normal tissue samples using GENT2 database. We detected high TRIM27 expression in the blood, endometrium and head and neck normal tissues while high expression of TRIM27 in adrenal, bladder, brain, breast, cervix, colon, kidney, esophagus, kidney, liver, lung, over, pacrease, pharynx, skin, stomach, tongue, and uterus tumor tissues (Fig 1). We then investigated the regulation of TRIM27 methylation in all cancer type. High TRIM27 methylation was observed in bladder, cervical cancer, cholangiocarcinoma, gliomablastoma cancer whereas low TRIM27 methylation was observed in adrenal, bladder, breast, cervix, colon, kidney, esophagus, kidney, liver, lung, over, pacrease, pharynx, skin, stomach, tongue, and uterus tumor tissues (Fig. 2). We then investigated the regulation of TRIM27 in BRCA patients based on menopasue, nodal metastasis status, individual cancer stage, tumor grade and BRCA subtypes. We observed a significant increase in tumor samples compared to normal samples (Fig 3A). When we compared the patients according to their nodal metastasis status, there was significantly high TRIM27 expression in all individual cancer stage than normal tissues (Fig 3B). In addition we detected highest TRIM27 expression in BRCA triple negative subtype and pre-menopause term (Fig 3C,3D). The highest expression was observed in stage 3 (Fig 3E). We also investigated the promoter methylation of TRIM27 in BRCA patients based on menopasue, nodal metastasis status, individual cancer stage, tumor grade and BRCA subtypes. As a result, it was observed that methylation decreased significantly in tumor tissues compared to normal tissues, and methylation decreased most in premenopausal period, stage 3 and triple negative BRCA cancers (Fig. 4).

Finally, we analyzed the diagnostic value and association with TRIM27 overexpression in BRCA patients. We analyzed three TRIM27 probe. 210541_s_at and 212116_at probes were related to worse survival in BRCA patiens whereas there was no significantly difference probe 212118_at (Fig 5).

Discussion

Studies show that epigenetic reprogramming of cells is important in breast carcinogenesis. It is also known that methylation acts a crucial role in breast cancer (5). TRIM27 is a TRIM family member that acts a role in the pathogenesis of many cancers (9,10,13). In this study, we detected the expression and methylation levels of TRIM27 in BRCA cancer, as well as the relationship between TRIM27 expression and survival.

TRIMs have recently been the focus of studies due to their main roles in the vital activities of cells (9). There are many studies on the roles of TRIMs in BRCA cancer. For example; TRIM21 has been reported to inhibit proliferation and migration in breast cancer by acting as an E3 ubiquitin-protein ligase (22). It has been reported that TRIM28 is overexpressed in cancer tissues and promotes tumorigenesis (23). TRIM13 has been found to regulate apoptosis in BRCA cancer and is associated with poor survival (24). It has been observed that overexpression of TRIM37 causes errors in the mitotic process in BRCA, and TRIM27 blocks ubiquitination-mediated cellular senescence and increase the frequency of mitotic errors (25). However, studies on the methylation profile of TRIM27 in BRCA is very limited. In a study, they found that smoking affects TRIM27 methylation in non-small-cell lung cancer patients and irregular TRIM27 expression is associated with overall survivor.

In this study, we showed that gene expression of TRIM27 is overexpressed in BRCA cancer and specially in BRCA triple negative patients and TRIM27 is also overexpressed during menopause. We also revealed that promoter DNA hypermethylation may play a role in the regulation of gene expression. When we evaluated the prognostic role of TRIM27, we found that overexpression of TRIM27 may be associated with poor prognosis. Our results reveal the potential of TRIM27 as a specific biomarker in BRCA cancer.

Figure Legend

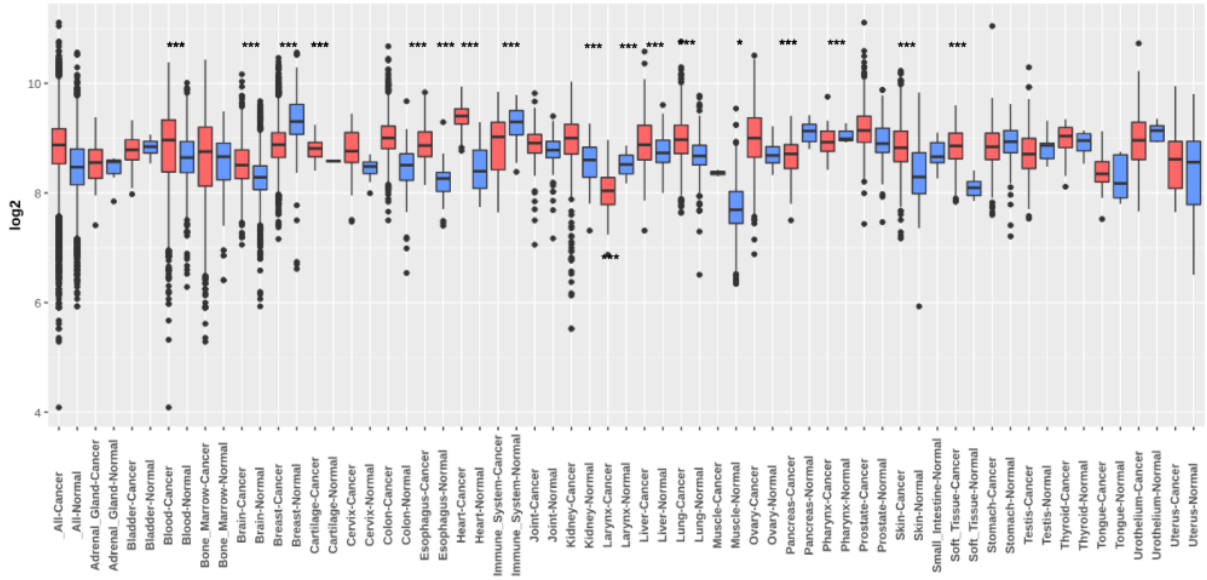


Figure 1. TRIM27 expression in all cancer types. Blue color shows normal samples, Red color shows tumor samples. A two-tailed P-value is indicated in the figures as follows: (*: p< 0.05; **: p < = 0.01, ***: p< = 0.001).



Figure 2. TRIM27 related CpG-aggregated methylation value across all cancer types. Grey color shows normal samples, red color shows tumor samples. A two-tailed *p*-value is indicated in the figures as follows: ns: p > 0.05; *: p <= 0.05; **: p <= 0.01; ***: p <= 0.001; ****: p <= 0.0001.

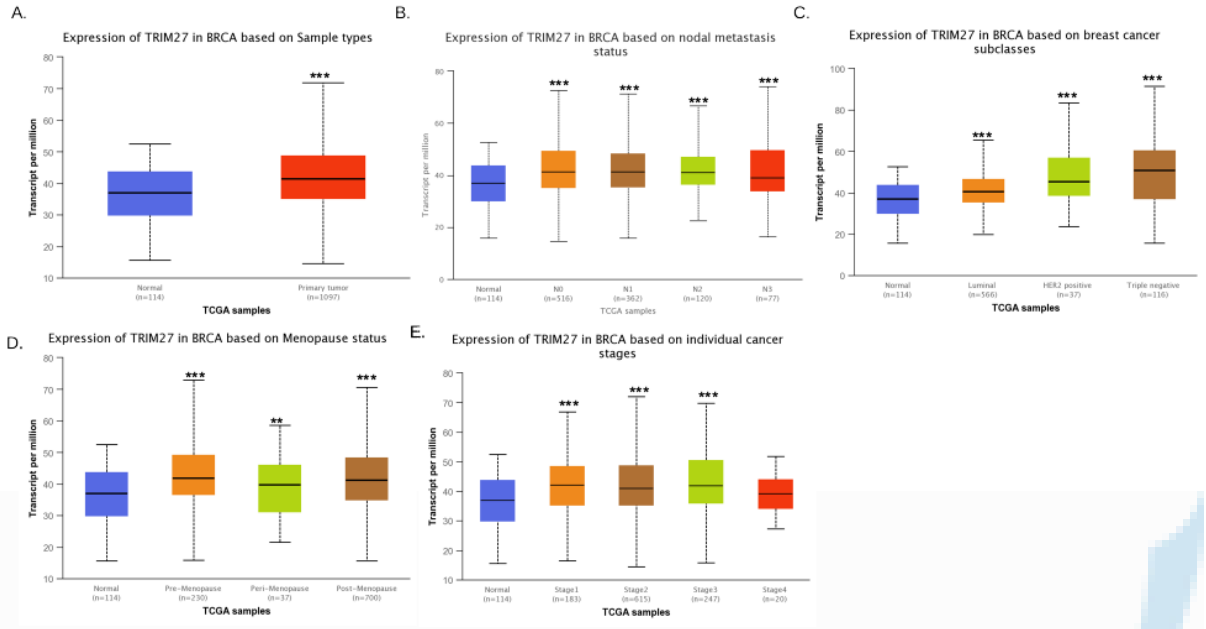


Figure 3. Expression of TRIM27 gene in BRCA. A. Expression of TRIM27 gene in BRCA based on sample types B. Expression of TRIM27 gene in BRCA based on nodal metastasis status C. Expression of TRIM27 gene in BRCA based on cancer subclasses D. Expression of TRIM27 gene in BRCA based on menopause status E. Expression of TRIM27 gene in BRCA based on individual cancer stages.

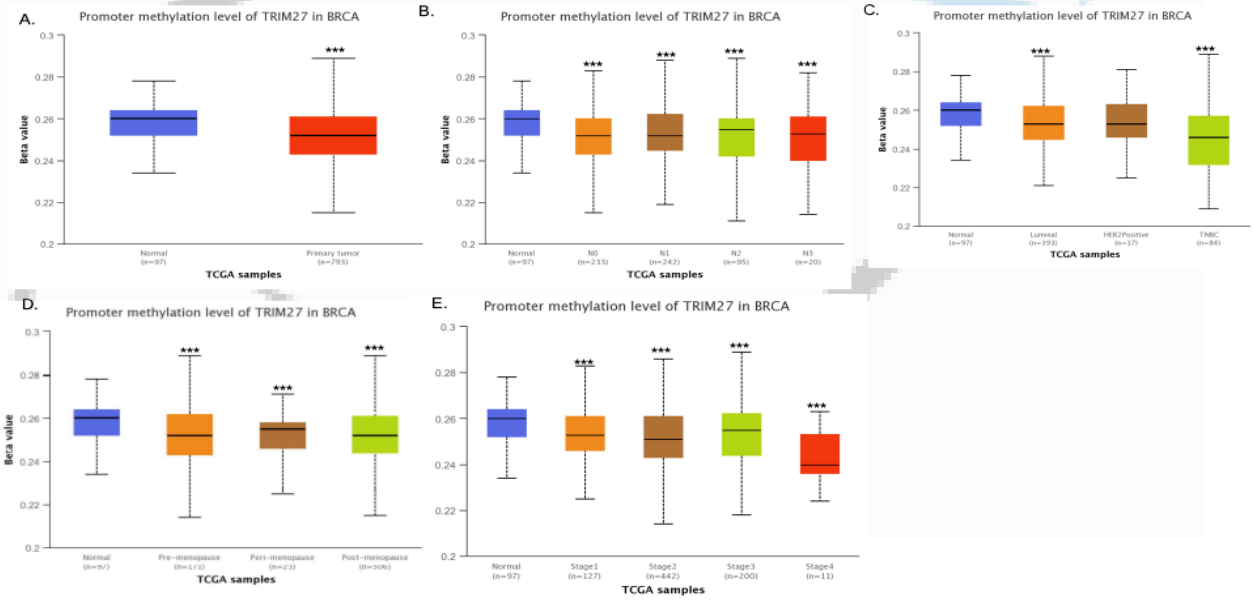


Figure 4. Promoter methylation of TRIM27 gene in BRCA. A. Promoter methylation of TRIM27 gene in BRCA based on sample types B. Promoter methylation of TRIM27 gene in BRCA based on nodal metastasis status C. Promoter methylation of TRIM27 gene in BRCA based on cancer subclasses D. Promoter methylation of TRIM27 gene in BRCA based on menopause status E. Promoter methylation of TRIM27 gene in BRCA based on individual cancer stages.

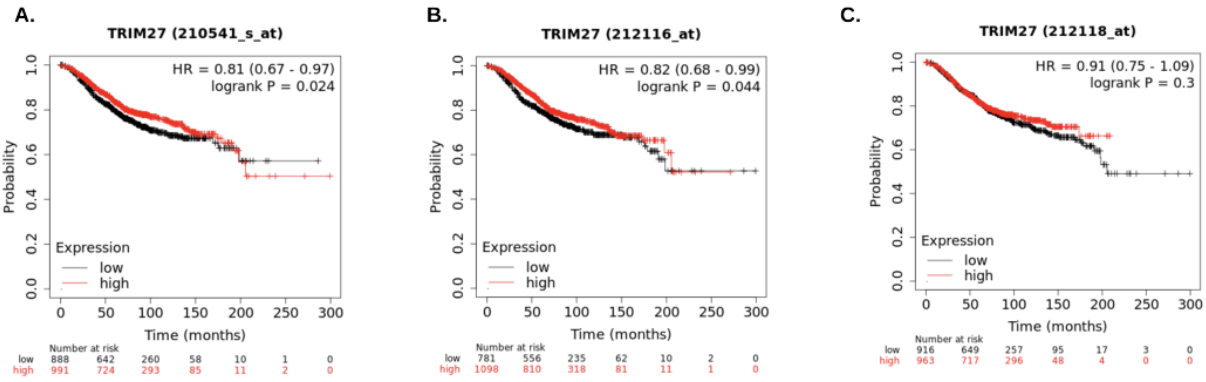


Figure 5. Survival analyses TRIM27 gene in BRCA. A. Kaplan-Meier plot of 210541_s_at B. Kaplan-Meier plot of 212116_at C. Kaplan-Meier plot of 212118_at

DATA ACCESSIBILITY STATEMENT

The data used and analyzed during this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

References

https://www.breastcancer.org/facts-statistics

https://www.cancer.org/

De Silva S, Tennekoon KH, Karunanayake EH. Overview of the genetic basis toward early detection of breast cancer. Breast Cancer (Dove Med Press). 2019;11:71- https://doi.org/10.2147/BCTT.S185870

Yersal, O., & Barutca, S. (2014). Biological subtypes of breast cancer: Prognostic and therapeutic implications. World journal of clinical oncology, 5(3), 412–424. https://doi.org/10.5306/wjco.v5.i3.412

Stefansson, O. A., Moran, S., Gomez, A., Sayols, S., Arribas-Jorba, C., Sandoval, J., Hilmarsdottir, H., Olafsdottir, E., Tryggvadottir, L., Jonasson, J. G., Eyfjord, J., & Esteller, M. (2015). A DNA methylation-based definition of biologically distinct breast cancer subtypes. Molecular oncology, 9(3), 555–568. https://doi.org/10.1016/j.molonc.2014.10.012

Jagosky, M., & Tan, A. R. (2021). Combination of Pertuzumab and Trastuzumab in the Treatment of HER2-Positive Early Breast Cancer: A Review of the Emerging Clinical Data. Breast cancer (Dove Medical Press), 13, 393–407. https://doi.org/10.2147/BCTT.S176514

von Minckwitz, G., Procter, M., de Azambuja, E., Zardavas, D., Benyunes, M., Viale, G., Suter, T., Arahmani, A., Rouchet, N., Clark, E., Knott, A., Lang, I., Levy, C., Yardley, D. A., Bines, J., Gelber, R. D., Piccart, M., Baselga, J., & APHINITY Steering Committee and Investigators (2017). Adjuvant Pertuzumab and Trastuzumab in Early HER2-Positive Breast Cancer. The New England journal of medicine, 377(2), 122–131. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1703643

Cho N. (2016). Molecular subtypes and imaging phenotypes of breast cancer. Ultrasonography (Seoul, Korea), 35(4), 281–288. https://doi.org/10.14366/usg.16030

Patil, G., & Li, S. (2019). Tripartite motif proteins: an emerging antiviral protein family. Future virology, 14(2), 107–122. https://doi.org/10.2217/fvl-2018-0161

Micale, L., Chaignat, E., Fusco, C., Reymond, A., & Merla, G. (2012). The tripartite motif: structure and function. Advances in experimental medicine and biology, 770, 11–25.

Poillet-Perez, L., White, E. (2019). Role of tumor and host autophagy in cancer metabolism. Genes Dev. 33 (11-12), 610–619. doi: 10.1101/gad.325514.119

Yu, C., Rao, D., Wang, T., Song, J., Zhang, L., & Huang, W. (2022). Emerging roles of TRIM27 in cancer and other human diseases. Frontiers in cell and developmental biology, 10, 1004429. https://doi.org/10.3389/fcell.2022.1004429

Ma Y., Wei Z., Bast R. C., Jr., Wang Z., Li Y., Gao M., et al. (2016). Downregulation of TRIM27 expression inhibits the proliferation of ovarian cancer cells in vitro and in vivo . Lab. Invest. 96, 37–48. 10.1038/labinvest.2015.132

Liu S., Tian Y., Zheng Y., Cheng Y., Zhang D., Jiang J., et al. (2020). TRIM27 acts as an oncogene and regulates cell proliferation and metastasis in non-small cell lung cancer through SIX3-beta-catenin signaling. *Aging (Albany NY)* 12, 25564–25580. 10.18632/aging.104163

Sakamoto T., Kuboki S., Furukawa K., Takayashiki T., Takano S., Yoshizumi A., et al. (2022). TRIM27-USP7 complex promotes tumour progression via STAT3 activation in human hepatocellular carcinoma. *Liver Int.* 2022. 10.1111/liv.15346

Xing L., Tang X., Wu K., Huang X., Yi Y., Huan J. (2020). TRIM27 functions as a novel oncogene in non-triple-negative breast cancer by blocking cellular senescence through p21 ubiquitination. *Mol. Ther. Nucleic Acids* 22, 910–923.

Giannopoulou, A.-I.; Xanthopoulos, C.; Piperi, C.; Kostareli, E. Emerging Roles of TRIM Family Proteins in Gliomas Pathogenesis. Cancers 2022, 14, 4536. https://doi.org/10.3390/cancers14184536

Park, SJ., Yoon, BH., Kim, SK. et al. GENT2: an updated gene expression database for normal and tumor tissues. BMC Med Genomics 12 (Suppl 5), 101 (2019). https://doi.org/10.1186/s12920-019-0514-7

Li, Y., Ge, D. & Lu, C. The SMART App: an interactive web application for comprehensive DNA methylation analysis and visualization. Epigenetics & Chromatin 12, 71 (2019) doi:10.1186/s13072-019-0316-3

Zhang, Y., Chen, F., Chandrashekar, D.S., Varambally, S., Creighton, C.J. Proteogenomic characterization of 2002 human cancers reveals pan-cancer molecular subtypes and associated pathways. Nat Commun 13, 2669 (2022) doi: 10.1038/s41467-022-30342-3 [PMID: 35562349]

https://kmplot.com/analysis/

Sun, J., Chen, X., Ji, X., Meng, S., Wang, W., Wang, P., Bai, J., Li, Z., & Chen, Y. (2022). TRIM21 deficiency promotes cell proliferation and tumorigenesis via regulating p21 expression in ovarian cancer. Bioengineered, 13(3), 6024–6035. https://doi.org/10.1080/21655979.2022.20421

Su, C., Li, H., & Gao, W. (2018). TRIM28 is overexpressed in glioma and associated with tumor progression. OncoTargets and therapy, 11, 6447–6458. https://doi.org/10.2147/OTT.S16863

Yeow, Z. Y., Lambrus, B. G., Marlow, R., Zhan, K. H., Durin, M. A., Evans, L. T., Scott, P. M., Phan, T., Park, E., Ruiz, L. A., Moralli, D., Knight, E. G., Badder, L. M., Novo, D., Haider, S., Green, C. M., Tutt, A. N. J., Lord, C. J., Chapman, J. R., & Holland, A. J. (2020). Targeting TRIM37-driven centrosome dysfunction in 17q23-amplified breast cancer. Nature, 585(7825), 447–452. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2690-1

Xing, L., Tang, X., Wu, K., Huang, X., Yi, Y., & Huan, J. (2020). TRIM27 Functions as a Novel Oncogene in Non-Triple-Negative Breast Cancer by Blocking Cellular Senescence through p21 Ubiquitination. Molecular therapy. Nucleic acids, 22, 910–923. https://doi.org/10.1016/j.omtn.2020.10.012

Presentation ID / Sunum No: 130

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000 0002 0757 3130

Organik Hibrit Schottky Diyotlarının Karakteristik Parametrelerinin İncelenmesi

Dr. Öğretim Üyesi Fulya Esra Cimilli Çatır
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

Özet: *Son yıllarda, uygun maliyetleri, mekanik esneklik ve kolay kimyasal sentez yöntemleri, organik malzemeleri, elektronik ve optoelektronik cihazlar için çok umut verici kılmaktadır. Bu çalışmada, n-InP altlık üzerine organik bir malzeme olan Safranin T (ST) boyar maddesi film olarak kaplandı ve organik/inorganik hibrit yapısındaki Al/ST/n-InP/Au-Ge Schottky diyodu üretildi. Karanlıkta ve ışık altında yapılan akım gerilim (I-V) ölçümlerinden diyotun iyi bir doğrultma davranışına sahip olduğu gözlemlendi. Oda sıcaklığındaki (300 K) doğru beslem I-V karakteristikleri kullanılarak, Al/ST/n-InP diyodu için idealite faktörü (n) ve bariyer yüksekliği (BH) değerleri sırasıyla 1,498 ve 0,725 eV olarak elde edildi. Organik diyot yapısına ait 0,725 eV'luk engel yüksekliği parametresinin, Al/n-InP yapısının literatürde bilinen yaklaşık 0,50 eV değeri ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde büyük olduğu gözlemlendi. Bu durum ST organik arayüzey katmanının varlığına atfedildi. Cheung fonksiyonları kullanılarak diyodun seri direnç (Rs), idealite ve engel yüksekliği değerleri hesaplandı. Geleneksel I-V ve Cheung fonksiyonlarından elde edilen değerlerin uyum içinde oldukları bulundu. Kapasite gerilim (C-V) ölçümlerinden, diyotun engel yüksekliği, taşıyıcı konsantrasyonu, difüzyon potansiyeli ve fermi enerjisi gibi parametreleri hesaplandı. Ayrıca, UV-Vis spektroskopisi ve ışık altında yapılan ölçümlerden Al/ST/n-InP/Au-Ge hibrit yapısının fotovoltaik özellikler gösterdiği tespit edildi.*

Anahtar Kelimeler: *Schottky Diyot, Safranin T, Hibrit Diyot Yapısı, Organik Malzeme*

Investigation of Characteristic Parameters of Organic Hybrid Schottky Diodes

Abstract*: In recent years, cost-effectiveness, mechanical flexibility and easy chemical synthesis methods make organic materials very promising for electronic and optoelectronic devices. In this study, Safranin T (ST) dye, an organic material, was coated as a film on an n-InP substrate and an organic/inorganic hybrid Al/ST/n-InP/Au-Ge Schottky diode was produced. It was observed that the diode had a good rectification behavior from the current-voltage (I-V) measurements under the dark and the light conditions. The ideality factor (n) and barrier height (BH) values for the Al/ST/n-InP diode were obtained as 1.498 and 0.725 eV, respectively, by using the forwaed bias I-V characteristics at room temperature (300 K). It was observed that the barrier height parameter of 0.725 eV of the organic diode structure was significantly larger when compared to the 0.50 eV value known in the literature for the Al/n-InP structure. This was attributed to the existence of the ST organic interfacial layer. Series resistance (Rs), ideality and barrier height values of the diode were calculated using Cheung functions. The values obtained from the traditional I-V and Cheung functions were found to be in good agreement. Parameters such as barrier height, carrier concentration, diffusion potential and fermi energy of the diode were calculated from the capacitance voltage (C-V) measurements. In addition,.it was determined that the Al/ST/n-InP/Au-Ge hybrid structure showed photovoltaic properties from UV-Vis spectroscopy and measurements made under light*

Keywords: *Schottky Diode, Safranin T, Hybrid Diode Structure, Organic Material*

GİRİŞ

Katıhal fiziğinin en önemli konularından biri olan metal-yarıiletken yapılar (MY), genellikle yarıiletken teknolojisinde ve optoelektronik alanında kullanılmaktadırlar. Son yıllarda pek çok araştırmacı Schottky kontağın elektriksel özelliklerini tam olarak açıklayabilmek için ve MY yapıların elektriksel özelliklerini iyileştirmek için yaptıkları çalışmalarda arayüzey malzemesi olarak organik malzeme kullanmaktadırlar (Güllü 2008: 1). Organik malzemelerin manyetik (Konarev 2020:258), elektriksel

(Qashou 2018:67), optik (Darwis 2018:1,3) ve fotoelektrik (Fang 2018:1) özellikleri dikkat çekmektedir. Organik malzemeler elektronik ve optoelektronik hücrelerde anahtarlama, alan etkili transistörler, sensörler, plastik piller, optik veri depolama ve güneş pilleri gibi kullanımlarıyla çeşitli potansiyel uygulama alanına sahiptirler (El-Denglawey 2022:1).

Yarı iletken organik malzemeler, fotovoltaik cihazlar, ışık yayan diyotlar (LED'ler), fotodiyotlar ve güneş hücreleri gibi organik optoelektronik cihazlardaki uygulamaları nedeniyle son yılların popüler bir araştırma konularından biri olmuştur. Elektronik cihazlar için avantaj olarak kabul edilen ayarlanabilirlik, düşük maliyetli üretim, esneklik ve geniş alanlara uygulanabilme gibi özellikleri, organik malzemeleri söz konusu uygulamalarda avantajlı kılmaktadır (Kacuş 2020:1). Bu nedenle, indigo karmin, kristal viyolet, kongo kırmızısı, safranin T, kumarin ve malakit yeşili gibi çeşitli organik malzemeler, fotodiyot veya fotodetektör uygulamaları için adaydırlar (Yılmaz 2020:1). Bunların arasında, Safranin T, kolay sentezlenmesi ve mükemmel ekolojik kararlılığı gibi özellikleri ile ideal bir aromatik azo boyadır. Azo boyalar, günümüzde kullanılan en yaygın ve en çeşitli üretilmiş organik boya gruplarından birini oluşturmaktadır (Yamjala 2016:813). ST'nin molekül formülü $C_{20}H_{19}ClN_4$ şeklindedir ve molekül yapısı Şekil 1'de verilmiştir. Ksanten türevi olan ST, katyonik ve floresan özellikte bir boyadır. ST molekülü, fotoredoks özelliğinden dolayı güneş enerjisi dönüşümünde ve fotopolimerizasyonda tercih edilen temel bir moleküldür (Korkmaz 2021:1). Pi bağ yapısı ve oda sıcaklığında işlem yapılabilmesine imkân sağlaması onu kullanışlı bir malzeme yapmaktadır. ST'nin kimyasal özellikleri iyi bilinmesine rağmen, optik ve elektriksel özellikleri hakkında çok az araştırma bulunmaktadır (El-Denglawey 2022:1).

Bu çalışmada, arayüzeyine Safranin T film büyütülen MY yapısının diyot özellikleri ve Safranin T'nin bu özellikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, döndürerek kaplama (spin coating) yöntemi kullanarak ST ince filmi n-InP yarıiletkeni üzerine büyütüldü ve Al/ST/n-InP Schottky hibrit yapısının elektriksel özellikleri akım-gerilim (I-V) ölçümleri kullanılarak incelendi. Işık ortamında ve karanlıkta yapılan ölçümler ve UV-vis spektrometresi ölçümleri sonucunda yapının özellikleri ve muhtelif kullanım alanları araştırıldı.

MATERYAL VE YÖNTEM

InP kristalinin ve diğer tüm temizlik prosedürü Cimilli Çatır ve Sağlam (2021:6980)'ın çalışmalarında bildirdiği şekilde yapıldı. InP Schottky diyodunun omik kontağı, metal içinde 10^{-5} mbar basınçta Au-Ge metali buharlaştırılıp 400˚C'de 3 dk. tavlanmasıyle elde edildi. Safranin T solüsyonu bir etanol içinde 10^{-5} M konsantrasyonda hazırlandı. Yarıiletkenin diğer yüzeyine ST filmi döndürerek kaplama (spin coating) yöntemi ile büyütüldü. Film büyütme işleminden sonra ST film 350˚C'de 40 dakika tavlandı. Diyot alanı 0.5 mm yarıçapında olacak şekilde 10^{-5} mbar'lık bir basınçta ST filmlerin üzerine Al metali buharlaştırılarak doğrultucu kontaklar elde edildi. Böylece Al/ST/n-InP hibrit yapısı elde edilmiş oldu (Şekil 1). Schottky diyotların oda sıcaklığındaki (300K) I-V (akım-voltaj) ölçümleri "KEITHLEY 2400 Picoammeter/Voltage Source" cihazı ile karanlık ve 100 mW/cm^2 ışık gücünde solar simülatörü kullanılarak ışık altında alındı. ST filmlerin absorbans özellikleri "Perkin-Elmer Lambda 2S UV–vis" cihazı ile 350 nm ile 800 nm dalgaboyu aralığında araştırıldı.

BULGULAR

Diyotların davranışını anlamak için en yaygın kabul gören teknik, diyot parametrelerinin belirlendiği I-V karakteristikleridir. Oda sıcaklıklığında (300K) Al/ST/n-InP Schottky yapısının ±1 volt aralığında ölçülen akım-gerilim özellikleri Şekil 2'de lineer ve yarılogaritmik skalada gösterilmektedir. Şekil 2'de görüldüğü gibi bu hibrit Schottky yapısı, yüksek voltaj bölgelerinde doğrultucu davranış göstermektedir. Yarı-logaritmik I-V grafiği yüksek voltajlarda I-V grafiklerindeki eğrilik yapının seri direnç etkisinden dolayıdır. Akım gerilim grafiğinde verilen bu akım Termiyonik Emisyon Teorisi ile temsil edilir (Cimilli vd. 2007:852):

$$I = I_0 \exp\left(\frac{qV}{nkT}\right)\left[1-\exp\left(-\frac{qV}{kT}\right)\right] \qquad (1)$$

Temel akım denkleminde I_0, ters beslem doyma akım yoğunluğudur, q bir elektronun yüküdür, V uygulanan voltajdır, A cihaz alanıdır, k Boltzmann sabitidir, T Kelvin ölçeğinde mutlak sıcaklıktır, A* etkin Richardson sabitidir, n idealite faktörüdür, φ_b bariyer potansiyeli ve n idealite faktörüdür.

$$I_0 = AA^*T^2 \exp\left(-\frac{q\Phi_{b0}}{kT}\right) \quad (2)$$

Schottky diyotlarında MY arayüzeyinde elektron geçişini kontrol eden, MY arayüzeyinde meydana gelen, Schottky engel (bariyer) yüksekliği olarak bilinen bir potansiyel engelinin oluşmasıdır. Metal-organik yarı iletken cihazdaki arayüzey bariyer yüksekliği aşağıdaki denklemden belirlenebilir.

$$\Phi_{b0} = \frac{kT}{q}\left(\frac{AA^*T^2}{I_0}\right) \quad (3)$$

İdeal diyotlarda idealite faktörü 1 kabul edilir ve aşağıdaki şekilde verilir.

$$n = \frac{q}{kT}\left(\frac{dV}{d\ln I}\right) \quad (4)$$



Şekil 1. Al/ST/n-InP Schottky Diyot Yapısı ve Safranin T Bileşiğine Ait Molekül Yapısı

MY Schottky aygıtların I-V grafikleri incelendiğinde orta beslem bölgesinin yaklaşık lineer bir bölge olduğu görülmektedir. Bu bölge, MY eklemlerin karakteristik özelliklerini veren parametrelerin belirlendiği ayrıca Termiyonik Emisyon Teorisi'nin geçerli olduğu bölgedir. Bu sebeple Schottky diyotlara ait en belirleyici parametreler olan idealite faktörü (n), ve potansiyel engel yüksekliği vb. belirlenirken orta beslem bölgesi dikkate alındı. Al/ST/n-InP organik hibrit Schottky yapısının idealite faktörü (n) ve engel yüksekliği (Φ_b) değerleri doğru beslem I-V eğrileri kullanılarak Termiyonik Emisyon Teorisi'ne göre karanlıkta ve oda sıcaklığında 1,499 ve 0.725 eV olarak hesaplandı. İdealitenin 1 değerinden büyük çıkması diyotun ideallikten uzaklaştığı anlamına gelir ve ara yüzey durumlarının etkisinden ve seri dirençten kaynaklandığı söylenebilir. Al/ST/n-InP Schottky yapısının engel yüksekliği organik film ile Al metali arasındaki ara yüzeyde var olan kontak potansiyel engelinden kaynaklanmaktadır.

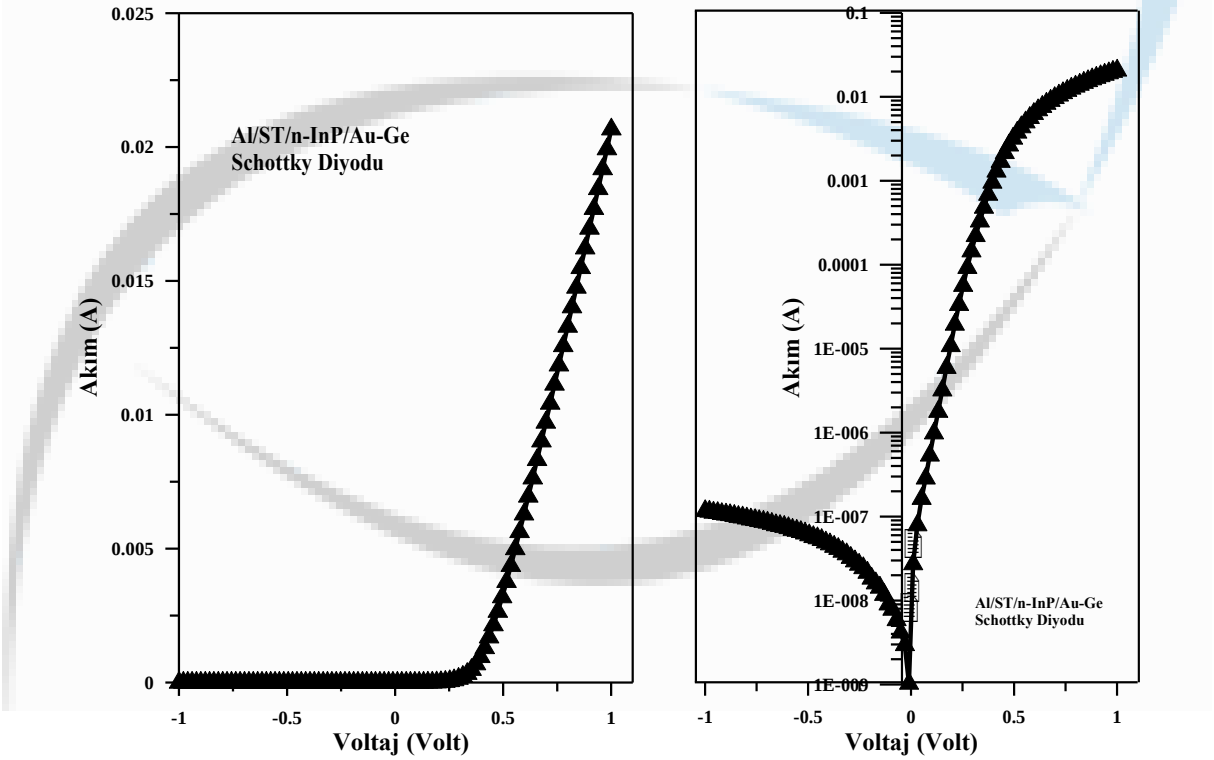
Araştırmacılar Al/n-InP MY yapıları için oda sıcaklığında farklı engel yüksekliği değerleri bildirmişlerdir: Tuck ve arkadaşları (1982:1) Al/n-InP MY için 0,50 eV değerini elde ederken, Cimilli Çatır (2020:240) 0.42 eV, Gullu vd. (2019:1) 0,43 eV değerini bulmuştur. Cimilli Çatır ve Sağlam (2021:6979) ise 0,494 eV değerini vermişlerdir. Al/ST/n-InP Schottky yapısının 0,725 eV olarak hesaplan engel yüksekliği değeri literatürdeki bu değerlerle karşılaştırıldığında, literatürdeki yaklaşık 0,50 eV değerine göre önemli ölçüde büyük bir değer elde ettiğimiz söylenebilir. Bu durumun ST organik arayüzey malzemesinin varlığından kaynaklandığı sonucu, Al/n-InP Schottky yapılarının en büyük dezavantajlarından biri olan düşük engel yüksekliğine sahip olmaları durumunu, değiştirmiştir.

Schottky aygıtların karakteristik parametreleri Termiyonik Emisyon Teorisine alternatif olarak Cheung'ler tarafından önerilen Cheung fonksiyonları ile de hesaplanabilir. Cheung fonksiyonları aşağıda verilmiştir (Çatır ve Sağlam 2021:6982):

$$\frac{dV}{d(\ln I)} = \frac{nkT}{e} + IR_s \qquad (5a)$$

$$H(I) = n\Phi b + IRs \qquad (5b)$$

Denklemlerden de görülebileceği üzere Cheung fonksiyonlarından Φb, n ve RS hesaplanabilir. Al/ST/n-InP diyotun dV/d(lnI)/-I ve H(I)-I grafikleri Şekil 3'te verilmiştir. Bu grafikler yardımıyla ve 5a ifadesi kullanılarak Al/ST/n-InP aygıtının idealite faktörü 1,478 ve R_s1 seri direnç değeri ise 82,53 Ω olarak ve 5b ifadesinden ise engel yüksekliği 0,718 ve R_s2 seri direnç değeri ise 63,42 Ω değerlerinde bulundu. İdealite faktörü ve engel yüksekliklerinin Termiyonik Emisyon Teorisine göre hesaplanan değerlerle uyumlu oldukları gözlemlendi. Seri direnç değerlerinin ise birbirine yakın değerler oldukları sonucuna varıldı.

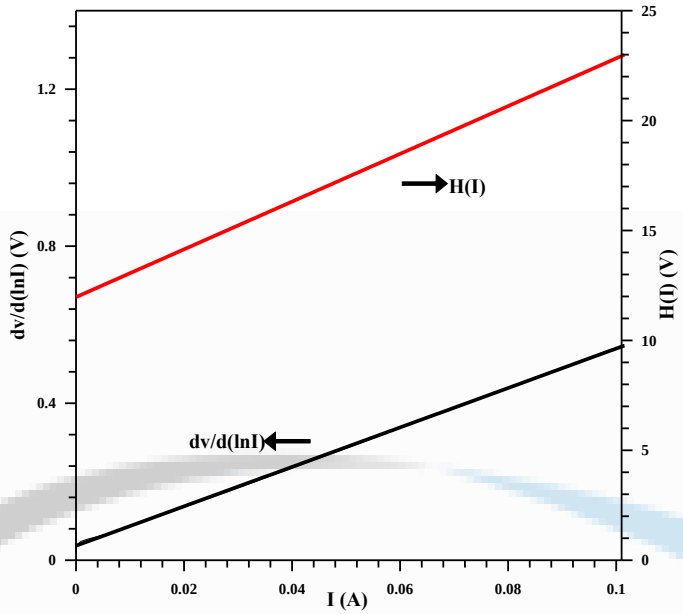


Şekil 2. Al/ST/n-InP Schottky Diyot Yapısına Ait Lineer ve Yarı Logaritmik Akım-Gerilim Eğrileri

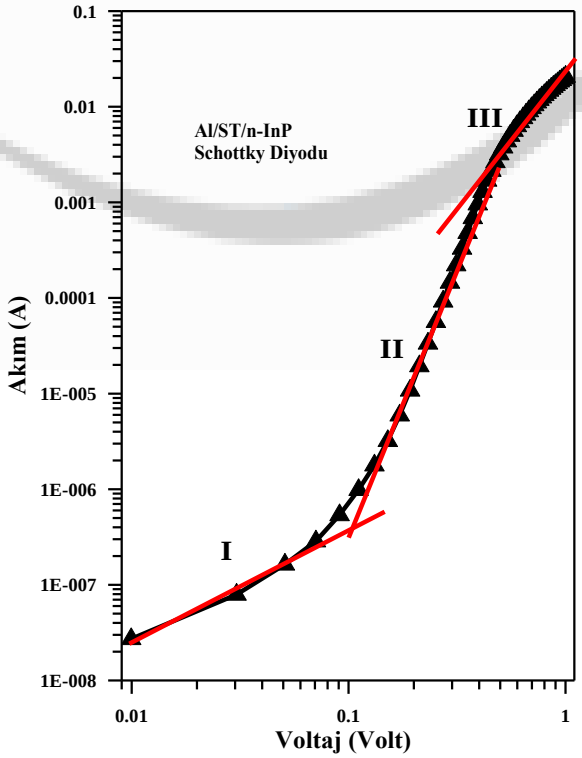
I-V karakteristikleri kullanılarak MY yapılara ait oda sıcaklığındaki akım iletim mekanizmaları anlaşılabilir ve Al/ST/n-InP organik hibrit yapısına ait I-V eğrileri Şekil 4'te tam logaritmik skalada Log(I)-Log(V) grafiğinde gösterilmiştir. Şekil 4'te görülebileceği gibi farklı eğimlere karşılık farklı lineer bölgeler vardır. Bu bölgelerin varlığı farklı potansiyel seviyelerinde iletim mekanizmaları da farklı olduğunu ifade etmektedir.

Tam logaritmik skalada **I. bölge** olarak ifade edilen düşük voltaj bölgesinde Al/ST/n-InP organik hibrit aygıtı akımın dışarıdan uygulanan voltaj ile orantılı olarak değiştiği için omik davranış sergilemektedir. Bu bölgede akım elektrik alanı ile orantılıdır. Uygulanan dış gerilim değeri arttıkça, grafiğin eğiminde de bir artış olan orta voltajın olduğu **II. bölge** SCLC (Sınırlı Uzay Yükü Akımı) bölgesidir. II. bölgede, eklemin tükenme bölgesindeki tuzak durumları da akıma katkıda bulunabileceğinden, bu gerilim

değerlerinde enjekte edilen serbest taşıyıcıların hareketi daha baskındır; tuzak seviyeleri etkindir ve serbest taşıyıcılar bu tuzaklar tarafından yakalanırlar (Kalkan 2019: 51). Bu yüzden bu bölgede akım iletim mekanizmasının tuzak dağılımlı SCLC mekanizması ile uyumlu olduğunu gösterir. Yüksek gerilim bölgesi olan **III. Bölgede** ise artık tuzak seviyelerinin akıma artık bir katkısı yoktur. Bu bölgenin eğiminin II bölgesinin eğiminden az olduğu görülmektedir. III. bölgedeki akım iletim mekanizması tuzaklardan bağımsız SCLC mekanizması, olarak ifade edilebilir (Cimilli Çatır 2021:620). Tüm bu açıklamalar doğrultusunda organik aygıtların büyük bir çoğunluğunun SCLC temeline dayanacağı sonucuna varırız.



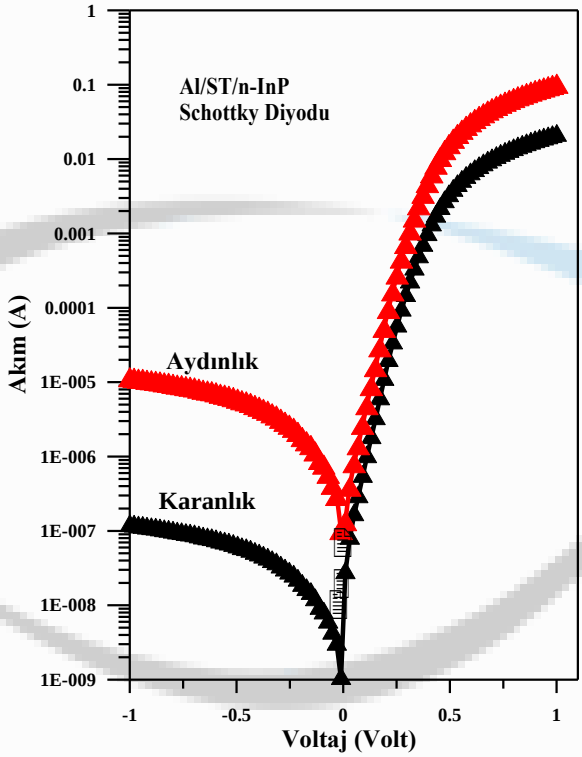
Şekil 3. Al/ST/n-InP Schottky Diyot Yapısına Ait dV/d(lnI)/-I ve H(I)-I Grafikleri



Şekil 4. Al/ST/n-InP Schottky Diyot Yapısına Ait Tam Logaritmik Log(I)-Log(V) Grafiği

100 mW/cm^2 ışık gücünde solar simülatörü kullanılarak Al/ST/n-InP organik hibrit aygıtının ışık altındaki I-V ölçümleri alındı ve karanlık ve ışık altında I-V grafikleri birlikte Şekil 5'te verildi. Al/ST/n-InP organik Schottky yapı ışığa maruz bırakıldığında ileri beslemde ışığın akım üzerinde görünür bir etkisinin olmadığı, ters beslem bölgesinde ise akım değerinin, karanlıkta yapılan ölçümlerdeki akımdan oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Işık altında ters beslem akımın artması, MY arayüzeyindeki ST organik tabakasında ışık etkisiyle daha fazla elektron ve boşluk çiftlerinin oluşmasına sebep olduğunu söylemek mümkündür. Bu durum, ışık etkisiyle arayüzeyde yük yoğunluğunun artmasına atfedilmiştir. Sonuç olarak Al/ST/n-InP organik hibrit Schottky aygıtının, fotovoltaik özellik gösterdiği yani fotodiyot özellik sergilediği kanaatine varıldı.

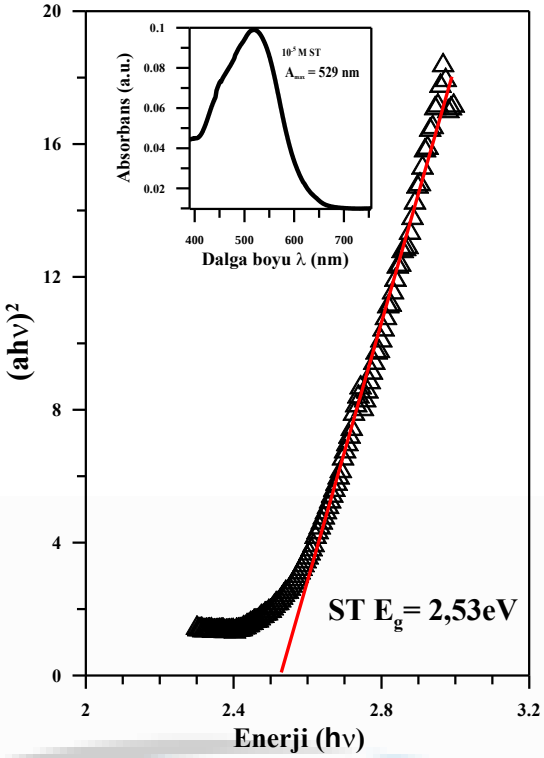
Işık altındaki I-V ölçüm sonuçları, ters beslem akımının aydınlatma altında yükseldiğini göstermektedir. Ancak doğru beslem akımı aydınlatma altında neredeyse değişmemekte ve bu durum diyotun doğru beslem akımının aydınlatma ortamında kararlı olduğunu belirtir. Safranin T katmanı, fotonları emer ve diyotun arayüzeyi etrafında elektron boşluk çiftlerinin oluşumuna sebep olur. Bu durum, Al/ST/n-InP yapısının ışığa duyarlı olduğunu ve optoelektronik cihazlarda kullanılmaya uygun olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Al/ST/n-InP Schottky Diyot Yapısına Ait Karanlık ve Işık Ortamında Ölçülen I-V Grafikleri

Al/ST/n-InP Schottky diyot yapısına ait UV-vis karakteristikleri Şekil 6'da verilmiştir. Safranin T molekülündeki aromatik halka yapıları ve aromatik halkalara bağlı elektron sağlayıcı –NH_2 gruplarının varlığı bu bileşiğin absorbansını görünür bölgeye kaydırır ve Safranin T'nin de safran renginde görünmesine neden olur. Absorbans-dalga boyu grafiğinde Safranin T ince filminin 529 nm değerinde en yüksek pik değerine ulaştığı görülmektedir. Bu değer literatürle uyum içerisindedir (Korkmaz 2021:3). ST ince filmin yasak enerji aralığı optiksel yöntemle belirlenmiştir. ST ince filmin absorbans-dalga boyu grafiğinden yararlanarak absorbans (A) değeri film kalınlığına bölünerek lineer soğurma katsayıları (α) hesaplandı. $(\alpha h\nu)^2$ - hν değişimi lineer soğurma katsayısı kullanılarak elde edildi. ST filmin yasak enerji aralığı ise eşitlik 6 ile ifade edilen Tauc denklemlerinden ve $(\alpha h\nu)^2$ - hν grafiğinin lineer kısmından yararlanılarak yaklaşık 2,53 eV olarak hesaplandı.

$$(\alpha h\nu)^{1/n} = A(h\nu - E_g) \qquad (6)$$



Şekil 6. Al/ST/n-InP Schottky Diyot Yapısına Ait UV-vis Karakteristikleri

SONUÇ

I-V karakteristikleri, idealite faktörü, engel yüksekliği ve seri direnci hesaplanan Al/ST/n-InP/Au-Ge Schottky diyotunun iyi özelliklerde diyot kalitesine sahip olduğunu göstermektedir. ST filmi büyütülerek elde edilen hibrit yapının son derece kararlı olduğu belirlendi. Bu, Safranin T filmin arayüzeyin homojenliğini ve engel yüksekliğinin homojenliğini arttırdığını gösterir. Ayrıca 100 mW/cm^2 ışık altındaki I-V ölçümleri Al/ST/n-InP aygıtının ters beslem akımının ışık etkisiyle önemli ölçüde arttığını gösterdi. Bu sonuçlar, Al/ST/n-InP yapısının iyi doğrultma özelliğine ve fotokatalitik özelliklere sahip olduğunu ve optoelektronik cihazlarda kullanılmaya uygun olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

CİMİLLİ ÇATIR, F. E. (2021). "Properties of a facile growth of spray pyrolysis-based rGO films and device performance for Au/rGO/n-InP Schottky diodes." Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 32(1), 611-622.

CİMİLLİ ÇATIR, F. E. (2021). Grafen oksitin modifiye Hummers yöntemi ile sentezi ve film olarak Al/GO/n-InP diyot performansına etkileri. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11(1) , 235-244.

ÇATIR, F. E. C. VE SAĞLAM, M. (2021). Annealing effect on I-V and C-V characteristics of Al/n-InP Schottky diodes at low temperatures. Materials Today: Proceedings, 46, 6979-6985.

CİMİLLİ, F. E., SAĞLAM, M. ve TÜRÜT, A. (2007). Determination of the lateral barrier height of inhomogeneous Au/n-type InP/In Schottky barrier diodes. Semiconductor Science and Technology, 22(8), 851-854.

DARWISH, A. A. A., ABORAIA, A. M., SOLDATOV, A. V. ve YAHİA, I. S. (2019). Deposition of Rhodamine B dye on flexible substrates for flexible organic electronic and optoelectronic: Optical spectroscopy by Kramers-Kronig analysis. Optical Materials, 95, 109219.

EL-DENGLAWEY, A., ALSHARİF, M. A., ALFADHLİ, S., ALSHARARİ, A. M., SEBAK, M. A., ALİ, E. E. ve DARWISH, A. A. A. (2022). Nanostructured films of Safranin-T on p-Si as a

heterostructure for photovoltaic applications: Electronic and optoelectronic studies. Physica B: Condensed Matter, 639, 413986.

FANG, X., MEN, X., CHEN, H., ZHANG, Y.-M., SUN, H., YIN, S. ve QIN, W. (2018). Fabrication and photoelectric properties of bio-inspired honeycomb film based on semiconducting polymer. Journal of Colloid and Interface Science, 512, 1-6.

GÜLLÜ, Ö., AYDOĞAN, Ş. ve TÜRÜT, A. (2008). Fabrication and electrical properties of Al/Safranin T/n-Si/AuSb structure. Semiconductor Science and Technology, 23(7), 075005.

GÜLLÜ, Ö., AYDOĞAN, Ş. ve TÜRÜT, A. (2008). Fabrication and electrical properties of Al/Safranin T/n-Si/AuSb structure. Semiconductor Science and Technology, 23(7), 075005.

KACUS, H., SAHİN, Y., AYDOGAN, S., İNCEKARA, U., YILMAZ, M. ve BİBER, M. (2020). Phenol red based hybrid photodiode for optical detector applications. Solid-State Electronics, 171, 107864.

KONAREV, D. V. (2020). Radical anion and coordination compounds of polyconjugated molecules:potential organic materials with unusual magnetic, conducting and optical properties. Mendeleev Communications, 30(3), 249-261.

KORKMAZ, K., BEŞER, B. M., ŞENOL, A. M. ve ONGANER, Y. (2021). Safranin T- SDS- GO ternary system: A fluorescent pH sensor. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 206, 111977.

MEHMET KALKAN (2019) ZnTe/Si heteroeklem yapıların akım iletim mekanizmalarının incelenmesi, Yüksek Lisans, Fizik ve Fizik Mühendisliği = Physics and Physics Engineerin Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde.

QASHOU, S. I., DARWISH, A. A. A. ve AL GARNI, S. E. (2018). Enhancement of microstructure and electrical conductivity of N, N′-dimethyl-3,4,9,10-perylenedicarboximide nanostructured films by thermal annealing for photoelectronic applications. Synthetic Metals, 242, 67-72.

TUCK, B., EFTEKHARI, G. ve COGAN, D. M. D. (1982). The Al-(n-InP) Schottky barrier. Journal of Physics D: Applied Physics, 15(3), 457.

YAMJALA, K., NAINAR, M. S. ve RAMISETTİ, N. R. (2016). Methods for the analysis of azo dyes employed in food industry – A review. Food Chemistry, 192, 813-824.

YİLMAZ, M., KOCYİGİT, A., AYDOGAN, S., INCEKARA, U., TURSUCU, A. ve KACUS, H. (2020). Light-sensing behaviors of organic/n-Si bio-hybrid photodiodes based on malachite green (MG) organic dye. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 31(23), 21548-21556.

Presentation ID / Sunum No: 146

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

4-Florobenzaldehit Pikoloilhidrazon Bileşiğinin Teorik Çalışmaları

Dr. Öğretim Üyesi Gonca Özdemir Tarı
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Vezirköprü Meslek Yüksekokulu

Özet: *Yapısı daha önce X-ışını kırınımı ile aydınlatılmış 4-florobenzaldehit pikoloilhidrazon $C_{13}H_{10}FN_3O$ [1] bileşiğinin kuantum kimyasal hesaplamaları Yoğunluk Fonksiyonel Kuramı (YFK)/B3LYP yöntemi ve 6-311++G(d,p) baz seti kullanılarak yapılmıştır. Çalışmanın amacı optimize edilmiş molekülün, Fukui Fonksiyonları ve yük analiz yöntemleri ile elektrofilik ve nükleofilik özelliklerini belirlemektir. İlaveten, moleküle ait sınır orbitalleri ve bunlardan türetilmiş kimyasal aktivite parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.*

[1] Si-Chang Shao, Zhong-Lu You, Shao-Hua Fan, Lu-Lu Tang, Yong-Shan Lin and Hai-Liang Zhu, Acta Cryst. (2004). E60, o2181-o2182.

Anahtar Kelimeler: *Kuantum kimyasal hesaplamalar, Elektrofilik ve nükleofilik özellikler, Yük analiz yöntemleri.*

Theoretical Studies of 4-Fluorobenzaldehyde Picoloylhydrazone Compound

Abstract*: Quantum chemical calculations of 4-fluorobenzaldehyde picoloylhydrazone $C_{13}H_{10}FN_3O$ [1], the structure of which was previously illuminated by X-ray diffraction, were performed using the Density Functional Theory (DFT)/ B3LYP method and the 6-311++G(d,p) basis set. The aim of the study, the electrophilic and nucleophilic properties of the optimized molecule determine with the Fukui Functions and charge analysis methods. In addition, it is aimed to determine the frontier orbitals of the molecule and the chemical activity parameters derived from them.*

[1] Si-Chang Shao, Zhong-Lu You, Shao-Hua Fan, Lu-Lu Tang, Yong-Shan Lin and Hai-Liang Zhu, Acta Cryst. (2004). E60, o2181-o2182.

Keywords*: Quantum chemical calculations, Electrophilic and nucleophilic properties, Charge analysis methods.*

Giriş

Genel formülleri RCH=NR' olan Schiff baz bileşikleri, aldehit ve ketonların primer aminlerle kondensasyon reaksiyonları sonucunda oluşurlar. Enol-imin, keto-amin ve zwitteriyonik olmak üzere üç farklı tautomer yapısına göre sınıflandırılabilirler. Bu farklı tautomer yapılar, oksijen ve azot atomu arasında meydana gelen molekül içi hidrojen bağındaki hidrojen atomunun konumuna göre değişmektedir. Schiff baz bileşikleri boya, ilaç, kozmetik, optik veri depolama aletleri ve görüntü sistemlerinde kullanılabildikleri için araştırmalarda oldukça sık şeekilde tercih edilmektedir. Son yıllarda deneysel çalışmaları teorik çalışmalarla destelenen çok sayıda Schiff baz bileşiği çalışması literatürde bulunmaktadır [2-10].

Materyal-Metot

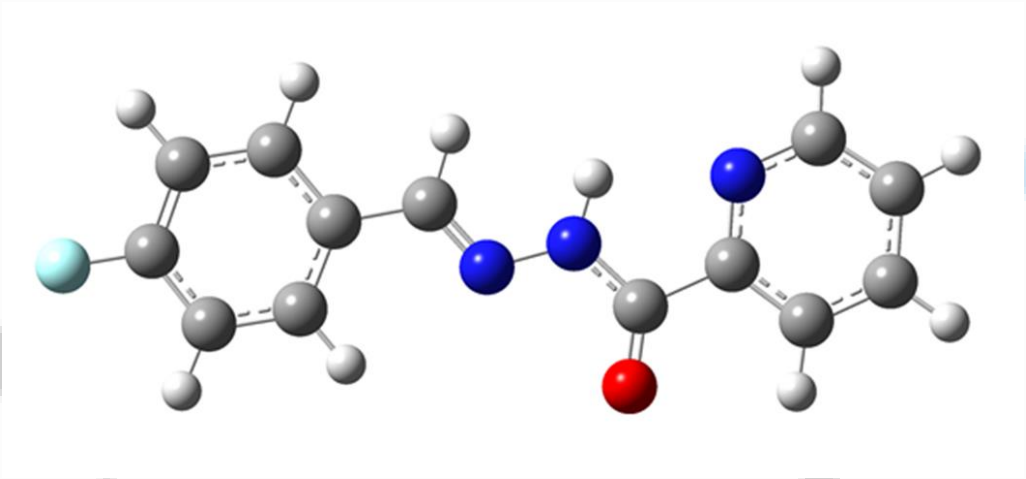
Kuantum mekaniği nesnelerin konum ve momentum bilgilerini kullanarak, çeşitli kuvvet alanları altında nasıl hareket etmeleri gerektiğini bulmaya çalışır. Gelişimi ile birlikte bilim insanları sayesinde çok çeşitli bakış açıları geliştirilmiş ve birçok alanda başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Kuantum fikirleri üzerine geliştirilen yapı analizleri bir molekülün sahip olduğu tüm fiziksel ve kimyasal özellikleri bize sunmakla birlikte malzeme biliminden elektroniğe, antropolojiden astrofiziğe, moleküler biyolojiden modern tıbba, uzay araştırmalarından metalurjiye kadar bütün alanlarda önemli buluşlara imza atmıştır ve atmaya devam edecektir [11]. Çalışmalara molekülün en kararlı halini belirlemek için geometri

optimizasyonu yapılarak başlanmış olup, diğer tüm hesaplamalar belirlenen kararlı yapının üzerinden ilerlemiştir. Tüm hesaplamalar Gaussian 03W [12] programı kullanılarak yapılmış ve sonuçlar GaussView moleküler görselleştirme [13] programı kullanılarak gösterilmiştir. Hesaplamalar, YFK'nın, Yerel Spin yoğunluğu yaklaşımı olan LSDA ve Lee-Yang-Par, korelasyon enerjili 3 parametreli Becke karma modeli olan B3LYP yöntemi ve 6-311++(d,p) temel baz seti kullanılarak yapılmıştır. Molekülün sınır orbitalleri (HOMO ve LUMO) ve bunlardan türetilen kuantum kimyasal nicelikler belirlenmiş, ayrıca Mulliken ve doğal yük analizleri (NPA) ve Moleküler Elektrostatik Potansiyel (MEP) haritaları belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Optimize Yapı

Moleküler yapısına ait en kararlı yönelimi bulmak için teorik yöntemlerden YFK/B3LYP ve 6-311++G(d,p) baz seti seçilerek molekül optimize edilmiştir. X-ışınları çalışması daha önceden Shao ve arkadaşları [1] tarafından yapılmış olan 4-Florobenzaldehit pikoloilhidrazon molekülüne ait geometrik parametreler ile teorik çalışmalar sonucu elde edilen değer karşılaştırılmış ve sonuçlar rapor edilmiştir. Molekülün optimize yapısı Şekil 1'de ve elde edilen geometrik parametrelerden bazıları ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Moleküle ait optimize yapı.

Tabloya bakıldığında N1=C7 bağ uzunluğu 1.266 (3) Å olup tipik çift bağ karakteri, N1-C8 bağ uzunluğu ise 1.345 Å değeriyle tek bağ karakter taşımaktadır [1]. Bu bağ uzunlukları teorik hesaplama yöntemleri kullanılarak sırasıyla 1.2708 Å ve 1.3736 Å olarak elde edilmiştir. Tablo 1'e genel olarak bakıldığında geometrik parametrelerin birbirleri ile uyumlu olduğu gözlenmektedir. Optimize yapı ile X-ışını kırınımından elde edilen değerler arasındaki farklılıklar ise, teorik hesaplamaların tüm etkileşimlerin ihmali üzerine yapılan bir hesaplama türü ve moleküler yapının gaz fazında olması ile açıklanabilir.

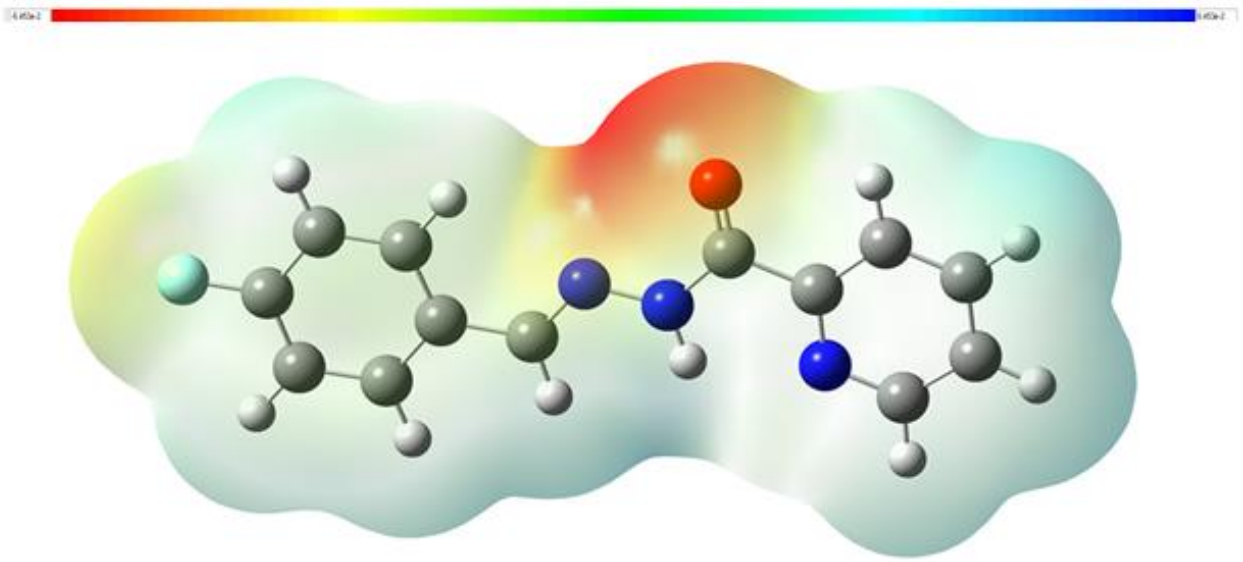
Tablo 1. Deneysel ve teorik olarak hesaplanan bazı geometrik parametreler.

	X-Işınları [1]	**YFK/B3LYP/6-311++(d,p)**
Bağ Uzunluğu (Å)		
C1-C2	1.379(3)	1.4057
C1-C7	1.458(3)	1.4629
N1-C7	1.266(3)	1.2808
N1-N2	1.379(2)	1.3543
N2-C8	1.345(3)	1.3736
N3-C9	1.332(2)	1.3404
F1-C4	1.361(2)	1.3545
O1-C8	1.210(2)	1.2147
C3-C4	1.359(3)	1.3899

	X-Işınları [1]	YFK/B3LYP/6-311++(d,p)
Bağ Açısı (º)		
C1-C2-C3	121.2(2)	120.624
C7-N1-N2	115.32(17)	117.058
C8-N2-N1	121.09(17)	121.622
C13-N3-C9	116.22(18)	118.034
C5-C4-F1	118.8(2)	118.873
N1-C7-C1	122.00(18)	121.817
C6-C1-C7	120.19(18)	119.405
O1-C8-N2	124.66(19)	125.405
N2-C8-C9	113.35(17)	112.447
C8-C9-C10	119.28(18)	118.792
N3-C13-C12	124.0(2)	123.053

Moleküler Elektrostatik Potansiyel

Moleküler elektrostatik potansiyel (MEP) haritaları, bir moleküler sistemdeki atomik konumları ve bu atomlara ait elektron yoğunluklarını bulmayı hedeflemektedir. Molekülün kimyasal reaksiyonlardaki reaktif kısımlarını belirlemek için kullanılan yaygın yöntemlerden birisidir. Molekül yüzeyindeki elektrostatik potansiyellerin farklı değerleri farklı renklerle ifade edilmektedir. Kırmızı ile belirtilen bölgeler elektron yoğunluğu bakımından negatif olan bölgeyi temsil ederken, mavi ve beyaz ile belirtilen bölgeler ise elektron yoğunluğu bakımından pozitif yüklerin bulunduğu kısımları göstermektedir. Moleküle ait MEP haritası en kararlı yapıya ait olan YFK/B3LYP yöntemiyle 6-311++G(d,p) optimize geometri kullanılarak hesaplanmış olup Şekil 2'de verilmiştir. MEP haritası incelendiğinde en negative bölgelerin O1, N1 ve F1 atomları üzerine konumlanmış olduğu ve MEP değerlerinin sırasıyla -0.06328, -0.04710 ve -0.02535 a.b. olduğu gözlenmektedir. En pozitif bölgelerin ise karbon atomlarına bağlı hidrojenler üzerine konumlandığı görülmektedir.



Şekil 2. Moleküle ait MEP haritası.

Yük Analiz Bulguları

Bir atom veya moleküler sistemin parçacıkları arasındaki etkileşimleri, enerjiyi ve atomların sahip olduğu yük miktarları, o sistemi temsil eden dalga fonksiyonları ile belirlenebilmektedir. Yük analiz metotları moleküler sisteme ait elektron yoğunluğunun atomlar arasında paylaşımını ve her bir atom üzerindeki yük miktarlarını bulmayı amaçlamaktadır. Mulliken yük analizi [14], Gaussian programının kullandığı, molekül üzerindeki toplam yükü atomlar üzerine dağıtan programdır. Moleküle ait net yükler

Mulliken ve doğal yük analizi (NPA) ile teorik olarak hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 2'de karşılaştırılmıştır. Tablo 2 incelendiğinde her iki yöntemden de elde edilen net yük değerlerinin birbirleri ile uyum içinde oldukları görülmektedir.

Tablo 2. Moleküle ait Mulliken ve Doğal yük analiz miktarları.

	Mulliken	NPA
C1	0.537919	-0.11840
C2	0.353923	-0.14436
C3	0.074824	-0.25761
C4	-0.625086	0.41869
C5	0.272921	-0.26654
C6	-0.695457	-0.16272
C7	0.011482	0.066810
C8	-0.452916	0.063619
C9	0.281223	0.12392
C10	0.419873	-0.19846
C11	-0.359029	-0.15768
C12	0.124358	-0.22856
C13	0.053882	0.06128
N1	0.380860	-0.22047
N2	0.144001	-0.42889
N3	-0.025542	-0.48168
O1	-0.326939	-0.58360
F1	-0.170297	-0.35248

Doğal yük ve analizine göreen negatif yükler sırasıyla O1, N3, N2, F1, N1, C3, C12, C10, C6, C11 gibi atomlar üzerinde konumlanırken, Mulliken yüklerine göre bu sıralama C6, C4, C8, C11, O1 ve N3 şeklinde değişiklik göstermektedir. Yük miktarlarında bu değişikliklerin temel sebebinin atomların farklı elektronegatifliklere sahip oldukları ile açıklanabilmektedir. Bu sonuçlara göre; negatif yükler elektronegatifliği yüksek olan atomlar üzerinde toplanırken, pozitif yükler ise elektronegatifliği düşük olan atomlar üzerinde gözlenmektedir. Diğer taraftan moleküle ait Fukui fonksiyon analizleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Moleküle ait NPA yüklerinden elde edilmiş Fukui Fonksiyon Analizi.

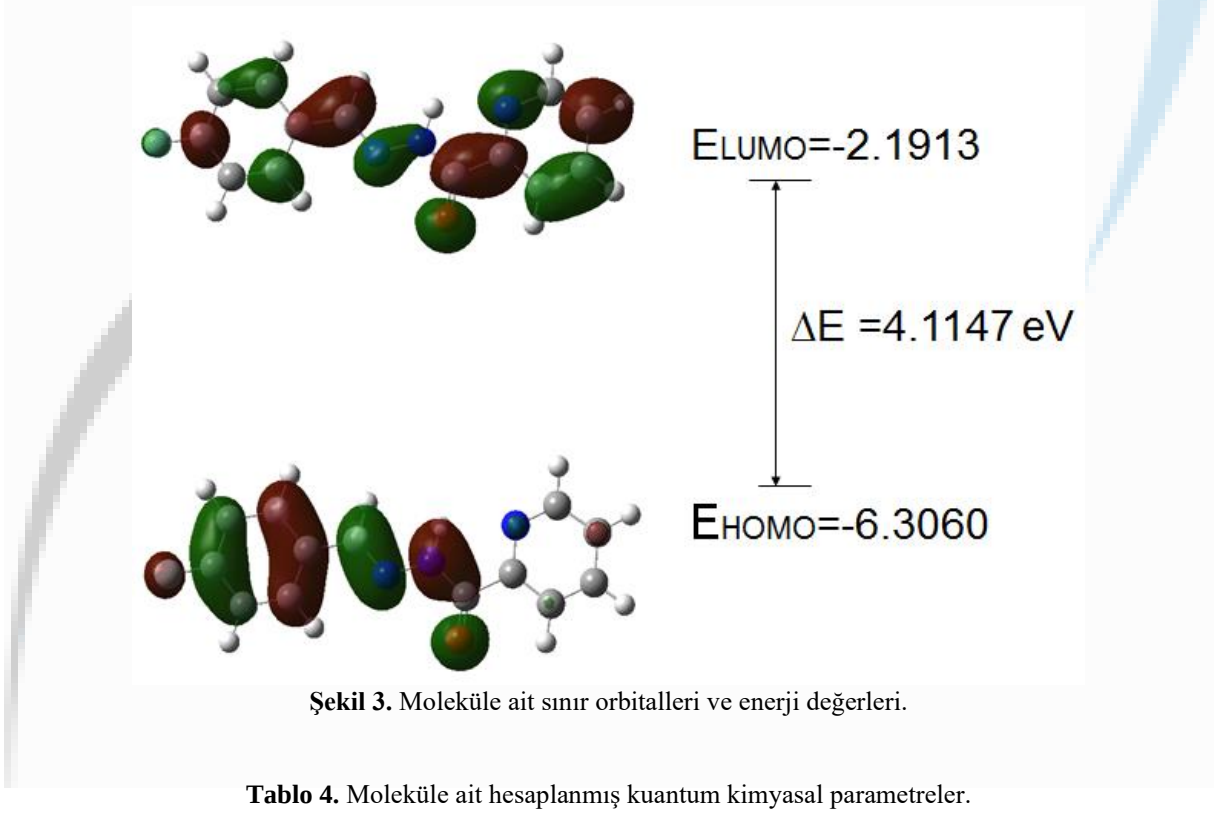
	q^0	q^+	q^-	f_k^+	f_k^-	$\Delta f(r)$
C1	-0.11840	0.02749	-0.06680	0.14589	0.05160	0.09429
C2	-0.14436	-0.01506	-0.14403	0.12930	0.00330	0.12600
C3	-0.25761	-0.12834	-0.11731	0.12927	-0.14030	0.26957
C4	0.41869	0.33778	0.12382	-0.08091	0.29487	-0.37578
C5	-0.26654	-0.11471	-0.13574	0.15183	-0.1308	0.28263
C6	-0.16272	-0.02869	-0.11824	0.13403	-0.04448	0.17851
C7	0.066810	0.09869	-0.08156	0.06681	0.14837	-0.08156
C8	0.063619	0.29641	0.23240	0.06739	-0.168781	0.236171
C9	0.12392	0.05653	-0.02406	0.11251	-0.09986	0.21237
C10	-0.19846	-0.08595	-0.12971	0.15768	-0.06876	0.22644
C11	-0.15768	-0.07211	-0.11544	0.14375	-0.04224	0.18599
C12	-0.22856	-0.08481	-0.24757	-0.02543	0.01901	-0.04444
C13	0.06128	0.03585	0.04700	0.42653	0.01428	0.41225
N1	-0.22047	-0.00236	-0.18536	0.21811	-0.03511	0.45976
N2	-0.42889	-0.00336	-0.18724	0.42553	-0.24165	0.66718
N3	-0.48168	-0.24351	-0.31442	0.23817	-0.16726	0.40543
O1	-0.58360	-0.19374	-0.40010	0.38986	-0.18350	0.57336
F1	-0.35248	-0.12915	-0.19334	0.22333	-0.15914	0.38247

$f_k^+(r) = q_k(r)(N+1) - q_k(r)(N)$; $f_k^-(r) = q_k(r)(N) - q_k(r)(N-1)$; $\Delta f_k(r) = [f_k^+(r) - f_k^-(r)]$

Fukui fonksiyonları ile yük analizi yapılırken molekülün nötr, anyonik ve katyonik durumlarına ait doğal yük analizleri yapılmaktadır. Eşitliklerde; $f_k^+(r)$ nükleofilik atağa yatkınlığı, $f_k^-(r)$ ise elektrofilik atağa yatkınlığı göstermektedir. Eşitliklerde kullanılan $q_k(r)$ atomik yükleri temsil ederken N (nötr), N+1 (anyonik) ve N-1 ise (katyonik) kimyasal bölgelerdeki yükleri göstermektedir. Eğer $\Delta f(r)$ >0 ise molekülde nükleofilik yatkınlık, $\Delta f(r)$<0 ise elektrofilik yatkınlık gözlenmektedir. Tablo 3 incelendiğinde molekülde genel olarak nükleofilik yatkınlığın baskın olduğu görülmektedir. Hem Fukui fonksiyonlarından hem de yük analizlerinden elde edilen sonuçların moleküler elektrostatik potansiyel haritalarından elde edilen sonuçları desteklediği görülmektedir.

Sınır Orbitalleri

Moleküler orbitallerde boş olan en düşük enerjili moleküler orbitale LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital), dolu olan en yüksek enerjili orbitalede HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) denilmektedir. Tepkimeler HOMO-LUMO orbitalleri arasında oluştuğu için bir atomdan elektron eksiltmek ya da elektron eklemek için gereken enerjiyi belirlemede çok önemlidirler. Şekil 3'de B3LYP/6-311++G(d,p) baz seti hesabından elde edilen HOMO ve LUMO yüzey görünümleri gösterilmektedir. Tablo 4'te ise farklı yöntemlerden elde edilen sınır orbitalleri ve bunlardan türetilmiş kuantum kimyasal nicelikler verilmiştir.



Şekil 3. Moleküle ait sınır orbitalleri ve enerji değerleri.

Tablo 4. Moleküle ait hesaplanmış kuantum kimyasal parametreler.

B3LYP/YFK/6-311++(d,p)	
Toplam enerji, E	-840.9348
İyonizasyon enerjisi, I	6.3060
Elektron ilgisi, A	2.1913
Enerji aralığı, ΔE	4.1147
Elektronegatiflik, χ	4.2486
Kimyasal sertlik, η	2.0573
Kimyasal yumuşaklık, S	0.2430
Elektrofilik indeks, ω	4.3868

$$I = -E_{HOMO},\ A = -E_{LUMO},\ \Delta E = \left|E_{HOMO} - E_{LUMO}\right|,\ \chi = \frac{I+A}{2},\ \eta = \frac{I-A}{2},\ S = \frac{1}{2\eta},\ \omega = -\frac{\chi^2}{2\eta}$$

Tabloya bakıldığında HOMO ve LUMO enerjilerinin, kimyasal sertlik ve yumuşaklık değerlerinin sırasıyla -6.3060 eV, 2.1913 eV, 2.0573 eV ve 0.2430 $(eV)^{-1}$ olarak bulunduğu görülmektedir.

Sonuç-Yorum

Daha önce X-ışını kırınımı yöntemiyle yapısı aydınlatılmış olan 4-florobenzaldehit pikoloilhidrazon $C_{13}H_{10}FN_3O$ [1] molekülünün teorik hesaplamaları B3LYP/YFK/6-311++G(d,p) yöntemi seçilerek yapılmıştır. Molekülün teorik yöntemler ile optimizasyonu sonucunda elde edilen geometrik parametreler X-ışını kırınımından elde edilen parametrelerle karşılaştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Deneysel ve teorik hesaplamalar arasında görünen belirgin olmayan farklılıklar ise teorik hesaplamaların molekülün herhangi bir etkileşimini dikkate almadan gerçekleşmesiyle açıklanabilmektedir. Moleküllerin MEP haritası incelendiğinde, en negatif bölgelerin O ve N gibi elektronegatifliği yüksek olan atomlar üzerinde, en pozitif bölgelerin ise C atomlarına bağlı hidrojen atomları üzerinde lokalize olduğu gözlenmektedir. Moleküllerin Mulliken ve doğal yük dağılımlarına ve Fukui fonksiyon analizlerine bakıldığında MEP haritaları ile oldukça uyum içinde oldukları sonucuna ulaşılmaktadır. Bu çalışma ile hem deneysel veriler desteklenmiş hem de moleküle ait yeni yapısal ve elektronik özellikler elde edilmiştir.

Kaynaklar

[1] Si-Chang Shao, Zhong-Lu You, Shao-Hua Fan, Lu-Lu Tang, Yong-Shan Lin and Hai-Liang Zhu, Acta Cryst. (2004). E60, o2181-o2182.

[2] S. Eryılmaz, M. Gül, E. İnkaya, Ö. İdil, N. Özdemir, Journal of Mol. Struct. 1122 (2016) 219-233.

[3] A. Eşme, S. Güneşdoğdu Sağdınç, Spect. Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 188 (2018) 443-455.

[4] G. Özdemir Tarı, B. Koşar Kırca, M. Taşdoğan, N. Özdemir, E. Ağar, Russian Journal of Physical Chemistry A, 95, (2021) 1621-1631.

[5] E. Ermis¸ Synthesis, spectroscopic characterization and DFT calculations of novel Schiff base containing thiophene ring, J. Mol. Struct. 1156 (2018) 91-104.

[6] B. Koşar Kırca, G. Özdemir Tarı, Ç. Albayrak Kaştaş, M. Odabaşoğlu, O. Büyükgüngör, Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, 36 (2017) 265-278.

[7] U. Ceylan, G. Özdemir Tarı, H. Gökce, E. Ağar, Journal of Mol. Struct. 1110 1-10 (2016).

[8] S. Uzun, Z. Demircioğlu, M. Taşdoğan, E. Ağar, Journal of Mol. Structure, 1206 (2020) 127749.

[9] G. Özdemir Tarı, S. Gümüş, E. Ağar, Spectrochimica Acta A *Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 141 (2015) 119-127.

[10] Y. Bingol Alpaslan, G. Alpaslan, A. Alaman Ağar, N. Ocak İskeleli, Emin Oztekin, Experimental and density functional theory studies on (E)-2-[(2-(hydroxymethyl) phenylimino) methyl] benzene-1, 4-diol, J. Mol. Struct. 995 (1) (2011) 58-65.

[11] Özdemir Tarı, G., (2013). Schiff Bazı İçeren Bazı Organik Moleküllerin Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

[12] Frisch M. J. et al., Gaussian 03, Revision E.01, Gaussian, Inc., (2004), Wallingford CT.

[13] Dennigton R. II, T. Keith, J. Millam, GaussView, Version 4.1.2, Semichem, Inc., (2007), Shawnee Mission, KS.

[14] Mulliken, R. S., 1955. Electronic Population Analysis on LCAO-MO Molecular Wave Functions. I. *J. Chem. Phys.*, 23, 1833-1840.

Presentation ID / Sunum No: 14

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-2944-7434

Static Analysis of Thin Plates Using Kirchhoff and Reissner-Mindlin Plate Theories

Asst.Prof.Dr. Ülkü Hülya Çalık Karaköse
İstanbul Teknik Üniversitesi

***Abstract**: In this paper, static analysis and convergence studies of thin plates are performed using the finite element method. In the implementation, two different finite elements are used, the formulations of which are based on the well-known Kirchhoff and Reissner-Mindlin plate theories. The deflections of the plates subjected to uniformly distributed loads are obtained for successively refined meshes and for different plate thicknesses and two boundary conditions. The relative displacement error analysis in L2 norm is also carried out and the results are given comparatively. It is demonstrated via numerical examples that for both of the boundary conditions, as the thickness of the plate decreases, the central deflections are underestimated and the convergence rates decrease considerably due to the shear locking problem which arises when full integration is used in the implementation of Reissner-Mindlin plate theory. This phenomenon is eliminated with selective integration which is applied to the shear stiffness matrix of the finite element. It is also observed that, in the implementation of both theories, the convergence rates obtained for the simply supported plate case are smaller than the values obtained for the clamped plate case.*

***Keywords:** Kirchhoff Plate Theory, Reissner-Mindlin Plate Theory, Shear Locking, Convergence Rate*

INTRODUCTION

The well-known Kirchhoff and Reissner-Mindlin(R-M) plate theories are the two theories widely used in the bending analysis of thin plates. According to the Kirchhoff plate theory, after deformation, the plate thickness does not change and the straight lines normal to the midplane remain straight and normal to the mid-surface. In the finite element implementation, C^1 continuous elements are required. In R-M plate theory, shear deformation and rotary inertia effects are taken into account and it is assumed that straight lines normal to the midplane remain straight but not orthogonal to the midplane after deformation. C^0 continuous finite elements suffice in the finite element implementation.

When the R-M plate elements are applied to thin plates, the defect namely the “shear locking” occurs due to the excessive transverse shear deformation effects. This problem can be eliminated by using methods like reduced or selective integration as in [1-2], non-conforming element method as in [3], the discrete shear gap method as in [4], assumed shear strain method as in [5] and the mixed interpolation of tensorial components method as given in [6]. Quadrilateral and triangular elements based on the strain approach are developed for static, free vibration and buckling analyses of Reissner–Mindlin plates by [7]. In [8], a combined edge-based and node-based smoothed three-noded triangular plate element is developed where the shear-locking effect is eliminated by using the mixed interpolation of tensorial components method.

In this study, static analysis of thin plates is performed and convergence studies are carried out using two different finite elements and the results obtained are given comparatively. The Kirchhoff plate finite element is a four-noded rectangular plate finite element developed by Melosh [9] and Zienkiewicz and Cheung [10,11] and the R-M plate finite element is a four-noded quadrilateral plate element developed by Hughes et al. [12] and Pugh et al. [13]. Both of the finite elements have three degrees of freedom (DoF) per node which are one deflection and two rotations. It is demonstrated via numerical examples that the shear locking problem arises when full integration is used in the implementation of Reissner-Mindlin plate theory and is eliminated with selective integration.

KIRCHHOFF PLATE FINITE ELEMENT

A four-noded rectangular thin plate bending finite element is used in the implementation which has 3 DoF (one deflection and two rotations) at each node, Figure 1.

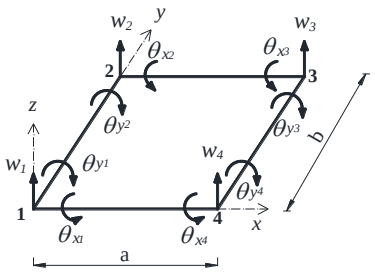


Figure 1. Thin plate element

The formulation of the finite element is based on Kirchhoff plate theory and the displacement vector of the element is

$$u = \{w \quad \theta_x \quad \theta_y\}^T \tag{1}$$

Where

$$\theta_x = \frac{\partial w}{\partial y} \quad , \quad \theta_y = -\frac{\partial w}{\partial x} \tag{2}$$

and the stress-strain relation is

$$[\sigma_b] = [D_b][\varepsilon] \tag{3}$$

The strain vector is defined as

$$[\varepsilon] = \begin{Bmatrix} -\dfrac{\partial^2 w}{\partial x^2} \\ -\dfrac{\partial^2 w}{\partial y^2} \\ -2\dfrac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \end{Bmatrix} \tag{4}$$

and the isotropic material matrix is

$$[D_b] = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \dfrac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \tag{5}$$

Here, E, h and ν are the Young's modulus, the plate thickness and the Poisson's ratio, respectively. The displacement function of the non-conforming 12 DoF finite element consisting of incomplete 3rd order polynomials is

$$w = \{1 \quad x \quad y \quad x^2 \quad xy \quad y^2 \quad x^3 \quad x^2y \quad xy^2 \quad y^3 \quad x^3y \quad xy^3\} \begin{Bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ a_{12} \end{Bmatrix} \tag{6}$$

where $a_1, a_2, \ldots, a_{12}$ are arbitrary constants. The nodal displacements u' are obtained using

$$\int_A B^T D_b B dA\, u' = Ku' = f \qquad (7)$$

where u' are defined as $u = N_k u'$ and N_k indicates the shape function matrix consisting of C^1 continuous shape functions. K is the stiffness matrix, f is the nodal external force vector and $B = LN_k$ where L is the derivative operator

$$[L] = \begin{Bmatrix} -\dfrac{\partial^2}{\partial x^2} \\ -\dfrac{\partial^2}{\partial y^2} \\ -2\dfrac{\partial^2}{\partial x \partial y} \end{Bmatrix} \qquad (8)$$

REISSNER-MINDLIN PLATE FINITE ELEMENT

The thick plate bending finite element which is used for the analysis of thin plates in this study is a four-noded rectangular element with 3 DOF (one deflection and two rotations) at each node (Fig. 1) and its formulation is based on R-M plate theory where the shear deformation effects are taken into account. The displacement vector of the element is given as

$$u = \{w \quad \theta_x \quad \theta_y\}^T \qquad (9)$$

where

$$\theta_x = \frac{\partial w}{\partial y} + \varphi_y \quad , \quad \theta_y = \frac{\partial w}{\partial x} + \varphi_x \qquad (10)$$

φ_y and φ_x are additional rotations which exist due to the lack of orthogonality of the midplane normal after deformation. Since the rotations θ_x and θ_y cannot be computed in terms of deflection only, they are taken as independent variables. The stress-strain relations for bending and shear are

$$[\sigma_b] = [D_b][\varepsilon_b] \quad , \quad [\sigma_s] = [D_s][\varepsilon_s] \qquad (11)$$

respectively where the isotropic material matrix for shear is

$$[D_s] = \frac{kEh}{2(1+v)} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (12)$$

Here, k is the shear correction factor which can be taken as 5/6 for a rectangular and homogeneous section. Strain components for bending and shear are

$$\varepsilon_b = L_b u \quad , \quad \varepsilon_s = L_s u \qquad (13)$$

where the derivative operators are

$$[L_b] = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial y} \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \quad , \quad [L_s] = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & -1 & 0 \\ \frac{\partial}{\partial y} & 0 & -1 \end{bmatrix} \qquad (14)$$

In the finite element discretization, C^0 continuous bilinear shape functions are used for all of the nodal unknowns. The nodal displacements u' are obtained using

$$\int_A (B_b^T D_b B_b + B_s^T D_s B_s) dA u' = Ku' = f \qquad (15)$$

Here, $B_b = L_b N_m$ and $B_s = L_s N_m$ where N_m is the shape function matrix used for the nodal unknown displacements.

BENCHMARK EXAMPLES

Thin square plate with simply supported and clamped edges

A thin square plate is subjected to a uniformly distributed load of 1 kN/m^2 and is solved for simply supported and clamped boundary conditions. The length of the plate is L=1 m, the Young's modulus is E=1x10^8 kN/m^2 and the Poisson's ratio is ν=0.3. The finite element implementation is performed for the thickness to length ratios h/L=1/10, h/L=1/50 and h/L=1/100 and for successively refined meshes ((2x2), (4x4), (8x8), (16x16), (32x32), (64x64)) using the two plate theories. The relative displacement errors are obtained in L2 error norm through the equation

$$\|e\|_2 = \frac{\|u_e - u_c\|}{\|u_e\|} \qquad (16)$$

where u_c and u_e are the calculated and exact displacements, respectively. In the error analysis, the finest mesh (64x64) is chosen as the reference mesh and is used for the exact solution.

According to the gauss quadrature rule, it is determined that 2x2 Gauss integration points are sufficient in the finite element implementation of the Kirchhoff plate theory. On the other hand, 2 different gauss quadrature rules are applied in the implementation of R-M plate theory, which are full integration using 2x2 gauss points and selective integration using 2x2 and 1x1 gauss points for bending and shear stiffness matrices, respectively.

Central deflections of the simply supported and clamped plates are obtained for h/L=1/10 for successively refined meshes as given in Fig. 2. It is observed that, for both of the boundary conditions, shear locking problem does not occur when full integration is used in the implementation of R-M plate theory since h/L=1/10 is the transition ratio from thin to thick plates. The deflections converge to a constant value for Kirchhoff plate solution and R-M plate solution with selective integration (R-M (selective int.)) using 8x8 meshes whereas the deflections obtained using R-M plate theory with full integration (R-M (full int.)) converge to the value obtained with selective integration using 64x64

meshes. Note that the converged deflections of the Kirchhoff plate solutions are smaller than the values of R-M plate solutions.

For both of the boundary conditions and for all of the thickness to length ratios, the midpoint deflections are too far apart having unrealistic values for the coarsest mesh (2x2) since the number of elements used is insufficient to capture the actual behaviour of the plate. This situation is more apparent for the solution using R-M plate theory where linear shape functions are used.

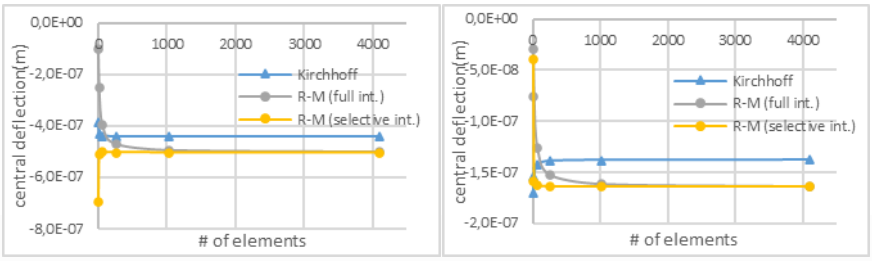


Figure 2 Central deflections of the square plate with mesh refinement

Simply supported (left), Clamped (right) (h/L=1/10)

The plate is then solved for h/L=1/50 corresponding to a thin plate, Fig. 3. It is seen that for both of the boundary conditions, the midpoint deflections are underestimated due to the shear locking effect when full integration is used in the implementation of R-M plate theory. Very close deflection values are obtained for Kirchhoff plate theory and R-M (selective int.) plate theory using 8x8 meshes while the deflections diverge for coarser meshes (4x4 and 2x2).

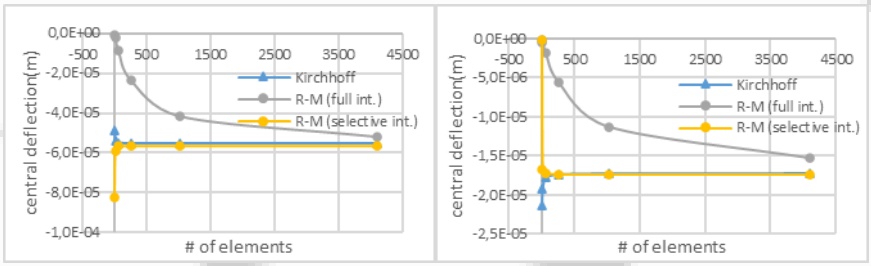


Figure 3 Central deflections of the square plate with mesh refinement

Simply supported (left), Clamped (right) (h/L=1/50)

The midpoint deflections of the plate for h/L=1/100 are given comparatively in Fig. 4. Since the plates have smaller thicknesses, the shear locking effect becomes much more pronounced when full integration is used in the implementation of R-M plate theory. Moreover, the curve obtained for mesh refinement is steeper and there is no tendency to converge to a specific value even for the finest mesh.

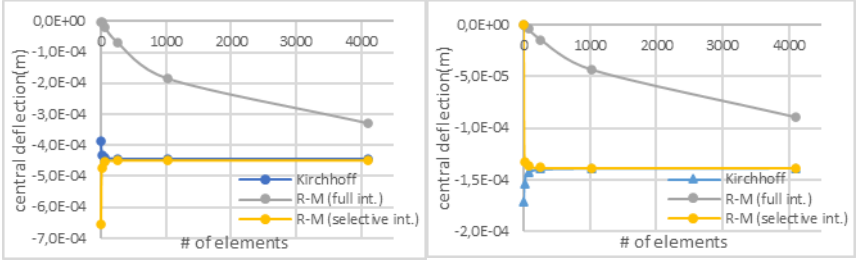


Figure 4 Central deflections of the square plate with mesh refinement

Simply supported (left), Clamped (right) (h/L=1/100)

The relative displacement errors of the simply supported and clamped square plates are obtained in L2 norm using coarse and successively refined meshes for the 3 thickness to length ratios (h/L=1/10, 1/50, 1/100) and given in logarithmic scale as shown in Figs. 5-7. The slopes of these error-size curves correspond to the convergence rates of the numerical solutions to the exact solutions. The convergence rates for the simply supported plate case are smaller than the rates obtained for the clamped plate case for Kirchhoff and R-M (selective int.) solutions.

It is seen that for h/L=1/10, the convergence rates for R-M (full int.) solutions are smaller than the rates for the Kirchhoff and R-M (selective int.) solutions for both of the boundary conditions.

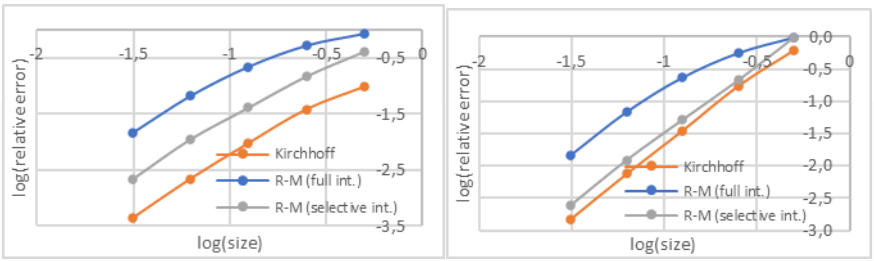


Figure 5 Relative errors of the square plate with mesh refinement
Simply supported (left), Clamped (right) (h/L=1/10)

When the plate thickness to length ratio is reduced to 1/50, the R-M (full int.) solutions have considerably smaller convergence rates for both of the boundary conditions which is due to the shear locking effect. The convergence rates do not change and change slightly for Kirchhoff and R-M (selective int.) solutions, respectively for the simply supported plate case whereas the convergence rates do not change for Kirchhoff and R-M (selective int.) solutions for the clamped plate case.

It is observed that the convergence rates for the R-M (full int.) solutions decrease significantly as the plate thickness to length ratio decreases to 1/100, i.e. the shear locking effect becomes more pronounced and the convergence rates for Kirchhoff and R-M (selective int.) solutions do not change for both of the boundary conditions.

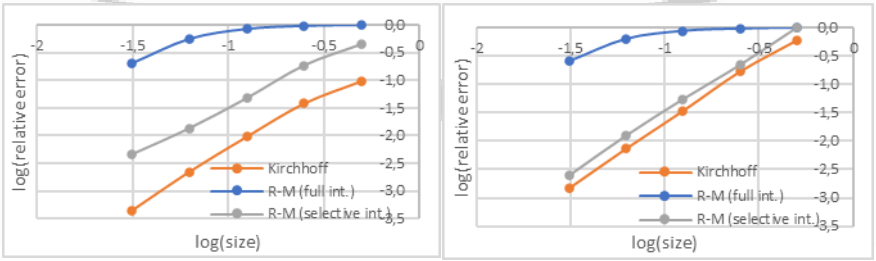


Figure 6 Relative errors of the square plate with mesh refinement

Simply supported (left), Clamped (right) (h/L=1/50)

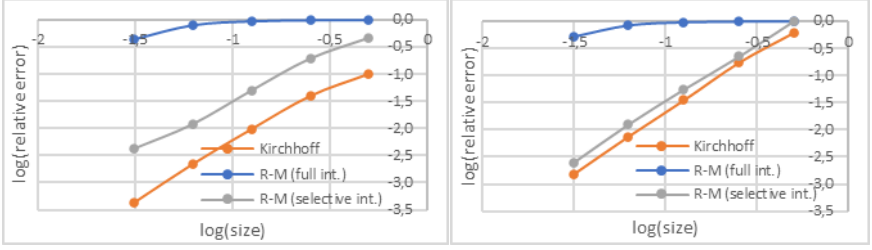


Figure 7 Relative errors of the square plate with mesh refinement
Simply supported (left), Clamped (right) (h/L=1/100)

CONCLUSIONS

In this study, static analysis of thin plates is carried out for three thickness to length ratios and for two different boundary conditions using Kirchhoff and R-M plate theories and the midpoint deflections and the convergence rates obtained are compared with each other. The results are as follows:

When using full integration in the implementation of R-M plate theory, the shear locking problem becomes more pronounced as the thickness/length (h/L) ratio of the plate decreases from 1/10 to 1/50 and 1/100 This problem is eliminated using full integration (2x2 Gauss points) for the bending stiffness matrix and selective integration (a single Gauss point) for the shear stiffness matrix of the element.

The midpoint deflections are too far apart for the coarsest mesh (2x2) for both of the boundary conditions and all of the h/L ratios, which is due to the insufficient number of elements used and it is more evident for the solution using R-M plate theory since linear shape functions are used in the implementation.

For Kirchhoff and R-M (selective int.) solutions, the convergence rates for the simply supported plate case are smaller than the values obtained for the clamped plate case.

For both of the boundary conditions, the convergence rates for R-M (full int.) solutions are smaller than the rates for the Kirchhoff and R-M (selective int.) solutions and these values decrease considerably due to the shear locking effect as the thickness of the plate decreases.

REFERENCES

[1] Zienkiewicz, O. C.,Taylor,R. L., Too, J. M. (1971) "Reduced integration technique in general analysis of plates and shells", International Journal for numerical methods in engineering, 3(2), 275-290, https://doi.org/10.1002/nme.1620030211

[2] Hughes,T.J.R., Cohen,M., Haroun,M. (1978)"Reduced and selective integration techniques in the finite element analysis of plates" Nuclear Engineering and Design, 46(1), 203-222.

[3] Wanji,C., Cheung, Y.K. (2000) Refined quadrilateral element based on Mindlin/Reissner plate theory, International Journal for numerical methods in engineering, 47(1-3), 605-627.

[4] Nguyen-Thoi, T., Phung-Van, P., Nguyen-Xuan, H., Thai-Hoang, C., (2012), A cell-based smoothed discrete shear gap method using triangular elements for static and free vibration analyses of Reissner-Mindlin plates, Int. J. Numer. Meth. Engng.2012;91:705-741.

[5]. Hughes TJR, Tezduyar TE. Finite elements based upon Mindlin plate theory with particular reference to the four-node bilinear isoparametric element. Journal of Applied Mechanics (ASME) 1981; 48:587–596.

[6] Lee, P.-S., Bathe, K.-J. (2004). Development of MITC isotropic triangular shell finite elements. Computers & Structures, 82(11-12):945–962.

[7] Belounar, A., Benmebarek, S., Houhou, M.N., Belounar, L.(2019), Static, free vibration, and buckling analysis of plates using strain-based Reissner-Mindlin elements, International Journal of Advanced Structural Engineering ,11:211-230.

[8] Thanha, C.D., Conb, H.T., Binh, L.P. (2019), "Static analysis of Reissner-Mindlin plates using ES+NS-MITC3 elements", Journal of Science and Technology in Civil Engineering NUCE. 13 (3): 45-57.

[9] Melosh, R.J., Structural analysis of solids. J. Structural Engineering, ASCE, 4, 205–223, August 1963.

[10] Zienkiewicz, O.C. and Cheung, Y.K., The finite element method for analysis of elastic isotropic and orthotropic slabs. Proc. Inst. Civ. Engng., 28, 471–88. 1964.

[11] Zienkiewicz, O.C. and Cheung, Y.K., Finite element procedures in the solution of plate and shell problems in stress analysis, Chapter 8. John Wiley & Sons, Chichester, 1965

International Journal for Numerical Methods in Engineering, 40(21), 3937-3953.

[12] Hughes, T.J.R., Taylor, R.L. and Kanok-nukulchai, W. (1977) A simple and efficient element for plate bending. Int. J. Numer. Meth. Engng., 11, 1529-43.

[13] Pugh, E.D.L., Hinton, E. and Zienkiewicz, O.C., (1978) A study of quadrilateral plate bending elements with reduced integration. J. Appl. Mech., 12, 1059-1079.

Presentation ID / Sunum No: 77

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6338-4553

Korozyonlu Betonarme Kolonların Deneysel Korozyon Seviyelerinin Teorik Korozyon Seviyeleriyle Karşılaştırılması*

Araştırmacı Umytjan Yangibayev[1], Doç.Dr. Atila Kumbasaroglu[1], Arş.Gör. Ahmet İhsan Turan[1], Prof.Dr. Hakan Yalciner[1], , , Arş. Gör. Alper Çelik[1]
[1]Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

**Corresponding Author: Alper Çelik*

Özet: *Korozyon ürünlerinin oluşumundan ödün verilmeksizin, istenen korozyon oranlarının elde edilebilmesi için eşdeğer akım kullanılarak korozyonun hızlandırılmasının bilimsel gerekçesi güçlüdür. Uygulanan eşdeğer akım tekniği, beton içerisine gömülü olan donatı çubuklarını belirli sabit oranlarda korozyona uğratma avantajına sahip olsa da, eşdeğer akım tarafından tesir ettirilen korozyon oranı, gerçek korozyon oranını tam olarak yansıtamaz. Teorik ve gerçek korozyon kütle kayıplarının aynı olmamasının gerekçeleri; betonun direnci, donatı çubuğunun bileşimi, betondaki minerallerin elektriksel özellikleri gibi çeşitli faktörlere atfedilmektedir. Bu araştırmanın amacı, yazarların bilgisi dahilinde olmak üzere, farklı beton basınç seviyelerinde korozyona maruz kalmış 25 betonarme kolon numunelerinin, daha önceden kaydedilmiş olan korozyon akım yoğunluk ölçümleri ile oluşturulan deneysel veriler kullanılarak, hesap edilen teorik korozyon oranı ile gerçek korozyon oranı arasında ampirik bir ilişki kurmaktır. Geliştirilecek olan ampirik model kullanılarak elde edilen deneysel bulguların, literatürde bildirilen teorik bir model kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması planlanmıştır. Böylece, tahribatsız olarak ölçülen eşdeğer akım değerleri kullanılarak, donatı korozyonunun daha sağlıklı değerlendirilebileceği beklenmektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Korozyon, Betonarme Kolon, Eşdeğer Akım Yoğunluğu, Donatı Çubuğu.*

Comparison of Experimental Corrosion Levels of Corroded Reinforced Concrete Columns With Theoretical Corrosion Levels

Abstract*: There is a strong scientific rationale for accelerating corrosion by using an equivalent current to achieve desired corrosion ratios without compromising the formation of corrosion products. Although the applied equivalent current technique has the advantage of corroding the rebar embedded in the concrete at certain constant rates, the corrosion ratio induced by the equivalent current cannot fully reflect the actual corrosion ratio. Reasons why theoretical and actual corrosion mass losses are not the same; it is attributed to various factors such as the resistance of the concrete, the composition of the rebar, the electrical properties of the minerals in the concrete. The aim of this research, to the knowledge of the authors, is to establish an empirical relationship between the calculated theoretical corrosion ratio and the actual corrosion ratio, using experimental data created with previously recorded corrosion current density measurements of 25 reinforced concrete column specimens exposed to corrosion at different concrete compressive levels. It is planned to compare the experimental findings obtained using the empirical model to be developed with the results obtained using a theoretical model reported in the literature. Thus, it is expected that reinforcement corrosion can be evaluated more accurately by using equivalent current values measured non-destructively.*

Keywords: *Corrosion, Reinforced Concrete Column, Equivalent Current Density, Reinforcement Bar*

---

* Bu çalışma, Doç. Dr. ATİLA KUMBASAROĞLU'nun danışmanlığında, UMYTJAN YANGİBAYEV tarafından hazırlanan "Korozyonlu Betonarme Kolonların Deneysel Korozyon Seviyelerinin Eşdeğer Akım Yoğunluğuna Bağlı Olarak Teorik Korozyon Seviyeleriyle Karşılaştırılması" başlıklı yüksek lisans tezi esas alınmıştır.

GİRİŞ

Beton ile donatıdan oluşan kompozit yapı malzemesine betonarme denir. Betonarmede matris fazı beton, lif faz ise donatıdan oluşmaktadır. Şartnamelere uygun olarak üretilen beton 12-13 pH değerlerine sahip olmakla birlikte bazik davranış göstermektedir. Betonun bazik özelliği sayesinde içerisine gömülü donatı korozyona karşı korunur durumdadır. Fakat zararlı çevresel etkilerin olması durumunda ise pH seviyesi düşen beton bazik özelliğini kaybederek donatıyı korozyona karşı savunmasız bırakmaktadır. Betonarme yapıda korozyon mekanizma-sının ilerlemesinin önüne geçilmediği durumlarda; donatı kesit alanında, beton ve donatının mekanik özelliklerinde, donatı ile beton arasında aderans kuvvetinde azalmalar gözlenmektedir. Artan korozyon oranıyla birlikte ise biriken korozyon ürünleri donatıyı çevreleyen pas-payı tabakasını tamamen çatlatmaktadır.

Betonarme yapılarda meydana gelen donatı korozyonu ve etkileri araştırmacılar tarafın-dan yapılan deneysel çalışmalarla incelenmektedir. Mevcut literatür incelendiği zaman oldukça uzun yıllar sürecek korozyon oranlarını elde etmek için kullanılan en yayın yöntemin hızlandırılmış korozyon yöntemi olduğu görülmektedir. Hızlandırılmış korozyon yöntemi kullanılarak uzun yıllar sürecek korozyon süreçleri aylar içinde tamamlanan deneylerle simüle edilebilmektedir.

Gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda elde edilen korozyon oranı değerleri genel olarak Faraday yasasına göre hesaplanan teorik kütle kayıpları ile ilişkilendirilmektedir. Fakat Faraday kanununa göre hesaplanan teorik kütle kayıpları ile gerçek kütle kayıpları değerleri arasında farkların olduğu, Yalciner vd. (2012) ile Yalciner (2017) tarafından ortaya konulmuştur. Araştırmacılar tarafından ortaya konulan bu durumun temel sebebi Faraday yasasının salt donatı kullanılarak elde edilmiş olmasıdır. Donatı yüzey alanının fazla olduğu betonarme elemanların hızlandırılmış korozyon yöntemi ile paslandırma sürecinde, Faraday yasası yerine eşdeğer akım yoğunluğuna bağlı modeller kullanılması ile gerçek korozyon oranına yakın değerlerler elde edilebilmesi muhtemeldir. Yapılan birçok deneysel çalışmada uygulanan akım yoğunluğu değerinin (I_{app}), korozyon deneylerinin tamamlanmasının ardından tespit edilen eşdeğer akım yoğunluğu (I_{corr}) değerlerine eşit olmadığı belirlenmiştir. Bu eşitsizliği ortadan kaldırmak ve gerçek eşdeğer akım yoğunluğunu (I_{corr}) tespit etmek amacıyla için birçok modeller önerilmiştir.

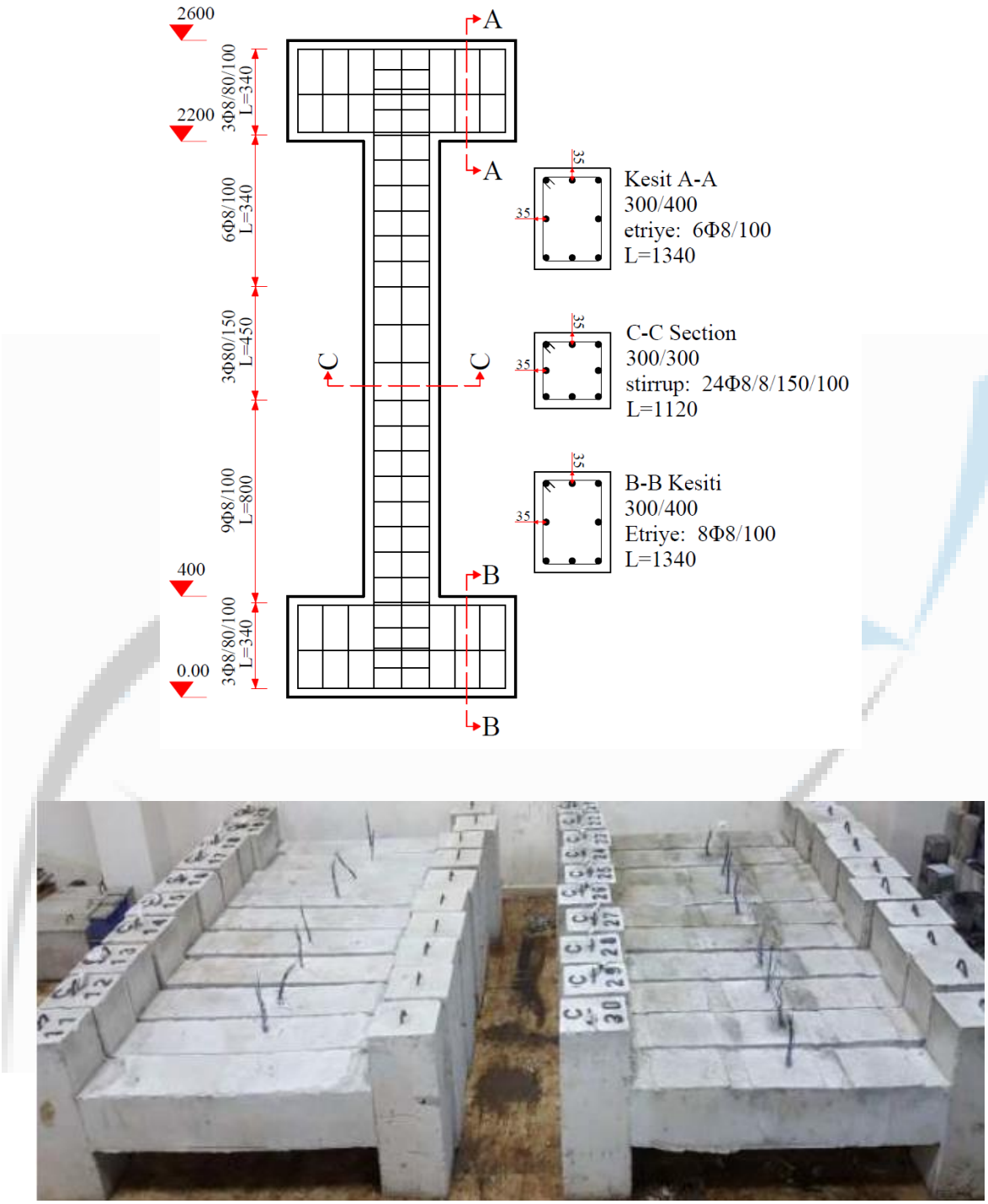
Bu tez çalışmasında, Yalciner vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışma kapsamında korozyona maruz bırakılan 24 adet betonarme kolonunun gerçek korozyon oranı değerleri ile teorik I_{corr} değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiş olup, modeller geliştirilmiştir. Daha önceki yürütülen çalışmalardan ayrıcalıklı olarak, 3 farklı beton sınıfı ve 4 farklı korozyon seviyesinde ve yeterli örnek büyüklüğü ile elde edilen araştırma bulgularının (verilerin), uyarlamalı bulanık ağ sistemleri kullanılarak geliştirilen modellerin, tahribatsız olarak ölçülen eşdeğer akım değerleri kullanılarak, donatı korozyonunun daha sağlıklı değerlendirilebilmesi beklenmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada, Yalçıner (2017) tarafından gerçekleştirilen TÜBİTAK 3501 ve 116M162 numaralı proje kapsamında üretilen ve hızlandırılmış korozyona maruz bırakılan 24 adet betonarme kolon numunelerinin korozyon verilerinden yararlanılmıştır. Deneysel çalışma kapsamında tasarlanan betonarme kolon numunelerinin malzeme ve kesit özellikleri Şekil 1'de verilmiştir. Test edilen her bir betonarme kolonun en-kesiti 300 x 300 mm olup, temelden üst kirişe kadar olan uzunluğu 2190 mm'dir. Betonarme kolonlarda, 16 mm çapında sekiz adet boyuna donatı çubuğu ile 8 mm çapında etriye demirleri kullanılmıştır. Uygulamadaki koşulları daha doğru yansıtabilmek için kolon sıklaştırmalarında etriye demirleri aralıkları 150 mm'den 100 mm'ye düşürülmüştür. Betonarme kolonlar için kullanılan beton pas-payı derinlikleri aynı olup 35 mm'ye eşittir. Yalçıner (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada 3 farklı beton sınıfı (C8, C20, C30) ve 4 farklı korozyon oranı (%2, %4, %6, %10) kullanılmıştır. Şekil 1'de gösterildiği üzere, üretilen tam ölçekli 30 adet betonarme kolondan altı adedi referans olmak üzere, geriye kalan 24 adet betonarme kolon, hızlandırılmış korozyon deneyine tabi tutmuştur. Hızlandırılmış korozyon yönteminde; 60 V anma geriliminde ve 0 ila 10 A aralığında anma akımında ayarlanabilir bir doğru akım güç kaynağı kullanılmıştır. Güç kaynaklarının pozitif çıkışları anot görevi gören uzatılmış bakır tellere bağlanırken, Betonarme kolonları çevreleyen paslanmaz bakır

levhalar katot görevi görmüştür. Hızlandırılmış korozyon yöntemiyle paslandırılan deney numunelerinin teorik/deneysel korozyon oranları Tablo 1'de özetlenmiştir.



Şekil 2. Betonarme kolonlarının kesit özellikleri.

Tablo 1. Deney numunelerinin teorik/deneysel korozyon oranları (Yalciner vd., 2019)

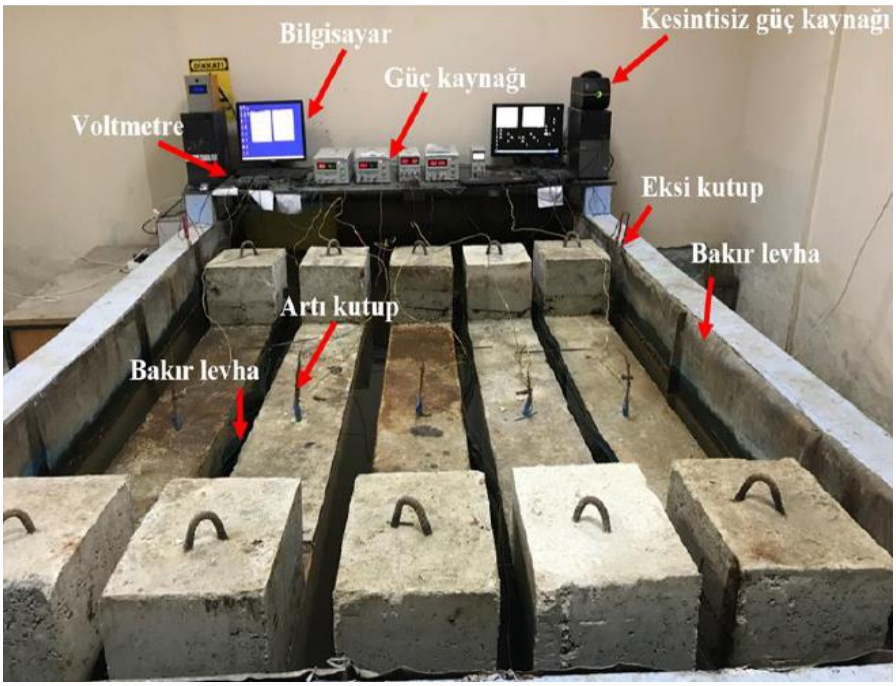
Numune	Teorik Korozyon oranı	Gerçek Korozyon oranı	Deneysel/Teorik Korozyon Oranı
C2	6.78	2.57	0.38
C3	8.19	2.78	0.34
C4	12.18	5.84	0.48

Numune	Teorik Korozyon oranı	Gerçek Korozyon oranı	Deneysel/Teorik Korozyon Oranı
C5	17.02	6.45	0.38
C7	6.51	3.68	0.57
C8	8.04	4.83	0.60
C9	12.03	5.32	0.44
C10	17.01	6.01	0.35
C12	6.50	2.58	0.40
C13	8.02	1.80	0.22
C14	12.02	3.30	0.27
C15	17.35	7.93	0.46
C17	6.50	2.33	0.36
C18	8.00	3.03	0.38
C19	12.03	4.80	0.40
C20	16.87	6.91	0.41
C22	6.50	1.96	0.30
C23	8.01	2.98	0.37
C24	12.00	5.02	0.42
C25	17.00	7.44	0.44
C27	6.50	2.27	0.35
C28	8.00	3.92	0.49
C29	12.01	4.47	0.37
C30	17.01	7.28	0.43

Hızlandırılmış Korozyon Yöntemi

Hızlandırılmış korozyon yöntemi doğal yollardan uzun yıllar sürebilecek korozyon seviyelerine kısa sürelerde ulaşmayı hedefleyen bir yöntemdir. Betonarme kolon numunelerinin korozyon işlemi için tam ölçekli hızlandırılmış korozyon havuzu kullanılmıştır. Korozyon havuzu beton ile inşa edildiğinden, akım kaybını önlemek için beton havuzun her yüzeyine plastik membranlar yapıştırılmıştır (bkz. Şekil 2). Bu yöntemde kullanılan devre elemanları Şekil 2'de görüldüğü üzere devreden geçecek akımı üreten 60 volt 10 amper ayarlanabilir güç kaynağı, sistemden geçen akımların kaydedilmesi için voltmetre ve bilgisayar sistemi ile sistemde olası elektrik kesintilerinde devreye girmek üzere ayrıca ayarlanabilir güç kaynağından oluşmaktadır.

Betondaki donatı çeliğinin korozyonu bilindiği üzere, iç ve/veya dış etkenlerden kaynaklanabilir. Bunlardan ilki; çimento bileşimi, agregalardaki kirlilik, karıştırma ve kürleme suyu, su-çimento oranı ve katkıları içerir. İç etkenler genellikle, yapı elemanlarının iç ve dış yüzlerinde aynı korozyon seviyesinin oluşmasına neden olur. Bir dış etken olan deniz tuzu rüzgârla taşınır ve özellikle yapı elemanlarının dış yüzlerinde korozyon olasılığını artırabilir. Yalçıner vd. (2015), deniz tuzu saldırısı altındaki betonarme binaların, iç yüze kıyasla betonarme kolonların dış yüzünde daha yüksek korozyon seviyeleri sergileme eğiliminde olduğunu göstermiştir. Şekil 2'de gösterildiği gibi, korozyon havuzundaki su seviyesi, temel için daha yüksek korozyon seviyeleri (yani, pozitif yükleme yönü) sağlayan betonarme kolonlarının üst seviyesine kadardı. Amaç, yapısal elemanların dış yüzlerinin iç yüzlerden daha fazla korozyona maruz kalabileceği mevcut betonarme binalarda dış etkenlerin yansıtılmasıydı. Korozyon seviyeleri, AIJ (1997) yönergelerine göre korozyon nedeniyle bozulma derecesi göz önünde bulundurularak ayarlandı.



Şekil 2. Tam ölçekli paslandırma havuzu.

Ağırlık Kaybı Yöntemi

Korozyon hızının (oranının) tespit edilmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerden biri ağırlık kaybı yöntemidir. Korozyona maruz bırakılan metal, korozyon sürecinden önce tartılarak ilk kütlesi kayıt altına alınır. Yalciner (2017) tarafından yürütülen çalışmada donatı çubuklarının montajından ve hızlandırılmış korozyondan önce, ilk kütlelerini kaydetmek için tüm donatı çubukları fırçalanarak temizlenmiştir. Her boyuna donatı çubuğu ve etriye demirinin başlangıç kütlesini kaydetmek için iki noktalı yük hücreli bir terazi kullanılmıştır. Korozyon sürecinin tamamlanmasının ardından tekrar tartılan metalin kütle kaybı bulunur. Metalde meydana gelen kütle kaybından Denklem 1 yardımıyla korozyon hızı hesaplanır.

$$Korozyon\ hızı = \frac{\Delta W}{At} \qquad (1)$$

Denklem 1'de ΔW kütle kaybını (mg), A metalin yüzey alanını (cm^2) t ise uygulanan zamanı (saat) belirtmektedir.

Eşdeğer Akım Yoğunluğu

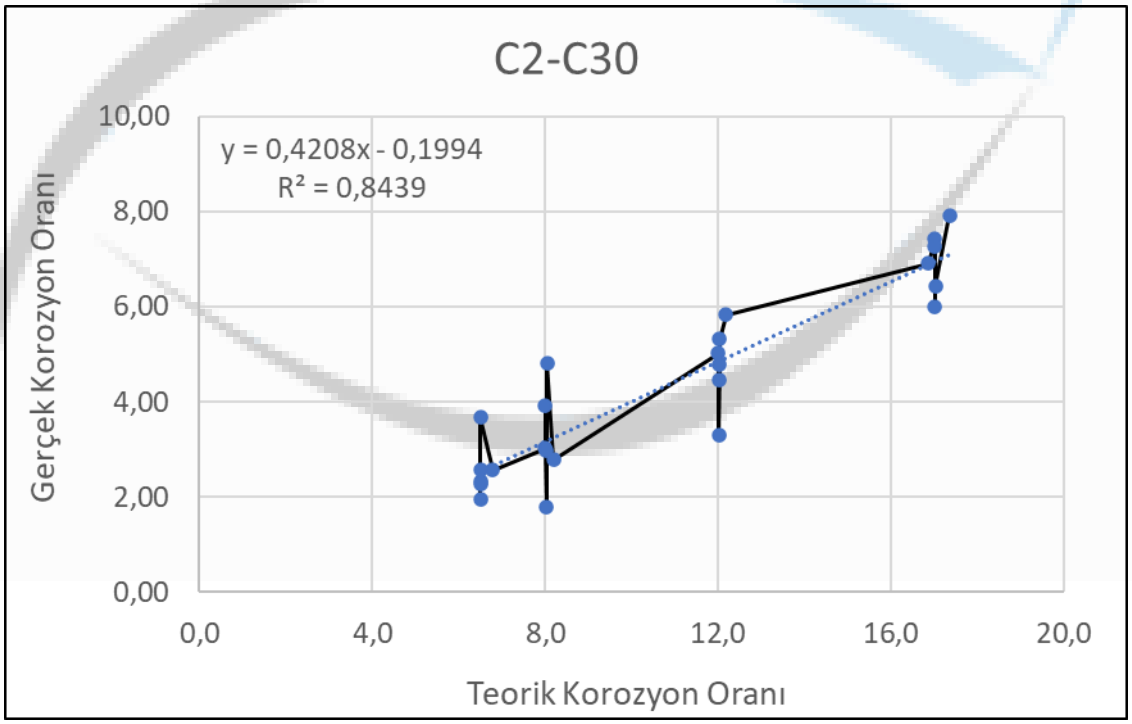
Eşdeğer Akım Yoğunluğu, bilimsel çalışmalarda genellikle korozyon hızı olarak ifade edilir. Eşdeğer akım yoğunluğu, birim anot yüzey alanından geçen akım şiddeti, korozyon hızını verir. Özellikle katodik koruma hesaplamalarında korozyon hızı birimi olarak anot akım yoğunluğunun (mA/m^2) veya ($\mu A/cm^2$) cinsinden kullanılması tercih edilir. Birim metal yüzeyinden, birim zamanda geçen akım miktarı doğrudan korozyon hızını verir. Faraday Yasasına göre devreden 1 Faraday akım geçtiğinde anotta 1 birimlik eşdeğer gram madde iyon haline geçer. Elektrokimyada korozyon hızı ($\mu A/cm^2$) olarak verilir. 1 mA/cm^2 = 10 A/m^2'dir. Elektrotlarda yürüyen kimyasal reaksiyonların hızı geçen akımdan daha küçük olması halinde polarizasyon olayı meydana gelir. Anot ve katot polarizasyonları hücreden geçen akım yoğunluklarına bağlı olarak artar. Denge halinde iken bir korozyon potansiyeli (E_{corr}) ve buna karşılık gelen bir korozyon akımı (I_{corr}) oluşur.

ARAŞTIRMA BULGULARI

İlgili çalışmada Yalciner 2017 tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışma kapsamında üretilmiş ve korozyona maruz bırakılmış 24 adet betonarme kolonuna ait eşdeğer akım yoğunluğu değerleri, Faraday kanununa göre hesaplanan teorik korozyon oranları ve gravimetrik çalışmalar sonucu elde edilen gerçek korozyon oranları değerleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Gravimetrik çalışmalar kapsamında betonarme kolon donatıları ASTM G1-03 (2003) standartlarına uygun şekilde kimyasal ve mekanik yöntemler kullanılarak temizlenmiştir. Kimyasal temizleme için alüminyum bir havuz inşa edilmiş ve içerisine kullanılacak olan su kütlesinin %5'i kadar hidroklorik asit ilave edilerek donatılar 30 dakika boyunca bu karışımda bekletilmiştir. Mekanik temizleme için tel fırça ve taş motoruna özel bir başlık monte edilerek yapılmıştır. Böylece, gravimetrik ölçüm sonuçlarını etkileyebilecek tüm beton parçaları donatı yüzeyinden uzaklaştırılmıştır.

Şekil 3'de çalışma kapsamında elde edilen teorik korozyon oranı değerleri ile deneysel sürecin tamamlanmasının ardından gravimetrik ölçümler ile elde edilen gerçek korozyon oranı ve I_{corr} değerleri arasındaki ilişkiler sunulmuştur. Sunulan değerler korozyona maruz bırakılmış tüm betonarme kolonları kapsamaktadır. 24 adet deneysel numunelerden, gerçek korozyon oranı için önerilen model, %84,39 gerçeklikle Eşitlik 2'deki gibi hesap edilmiştir.

$$Gerçek\ korozyon\ oranı = 0.4208x(Teorik\ korozyon\ oranı) - 0.1994 \quad (2)$$



Şekil 3. C2-C30 Numunelerine ait Gerçek – Teorik korozyon oranları arasındaki ilişki

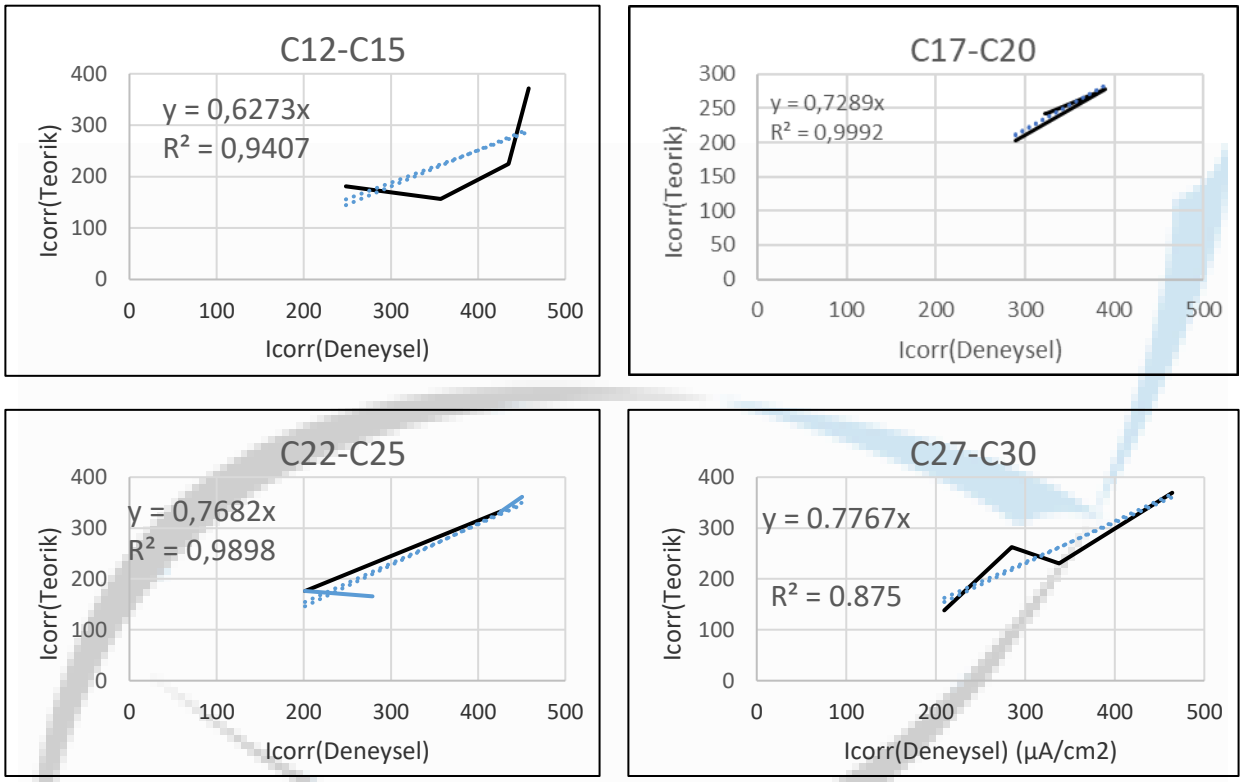
Donatı yüzey alanına bağlı olarak hesaplanan teorik I_{corr} değerleri ile hızlandırılmış korozyon sürecinin tamamlanmasının ardından hesaplanan deneysel I_{corr} değerleri, üç farklı beton sınıfı için elde edilmiştir. Elde edilen $(I_{corr})_{Teorik} - (I_{corr})_{Deneysel}$ ilişkileri Şekil 4'de sunulmuştur. Aynı şekilde 3 farklı beton sınıfı ve 4 korozyon oranını kapsayacak şekilde elde edilen söz konusu ilişkiler için 4 farklı model önerilmiştir. Önerilen modeller sırası ile Eşitlik 3, Eşitlik 4, Eşitlik 5 ve Eşitlik 6'da ilgili beton sınıfı ve eksenel yük oranlarına göre sunulmuştur.

$$(I_{corr})_{Teorik} = 0.6273x(I_{corr})_{Deneysel}, \quad (C20\ ve\ \eta = \%20\ için) \quad (3)$$

$$(I_{corr})_{Teorik} = 0.7289x(I_{corr})_{Deneysel}, \quad (C20\ ve\ \eta = \%40\ için) \quad (4)$$

$$(I_{corr})_{Teorik} = 0.7682x(I_{corr})_{Deneysel}, \quad (C30\ ve\ \eta = \%20\ için) \quad (5)$$

$$(I_{corr})_{Teorik} = 0.7767x(I_{corr})_{Deneysel}, \quad (C30\ ve\ \eta = \%40\ için) \quad (6)$$



Şekil 4. Numunelere ait $(I_{corr})_{Teorik}$ ve $(I_{corr})_{Deneysel}$ (µA/cm^2) değerleri

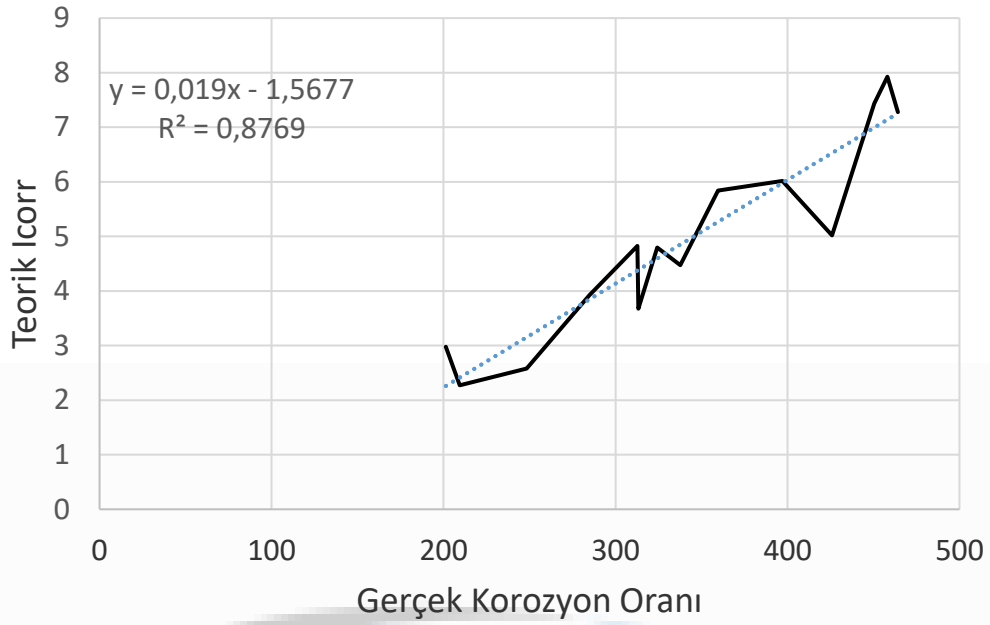
Eşitlik 3, Eşitlik 4, Eşitlik 5 ve Eşitlik 6'da; önerilen $(I_{corr})_{Teorik} - (I_{corr})_{Deneysel}$ ilişki modellerinin doğruluğunun, karakteristik beton basınç dayanımı ve eksenel yükün artmasına bağlı olarak arttığı anlaşılmıştır.

C2-C30 numunelerine ait teorik I_{corr} ve gerçek korozyon oranı değerleri arasındaki ilişki Şekil 5'de verilmiştir. Şekil 5'de $Teorik\ (I_{corr}) - Gerçek\ korozyon\ oranı$ için geliştirilen model, korozyona maruz bırakılmış tüm betonarme kolonlarını kapsamaktadır. 24 adet deneysel numunelerden, $Teorik\ (I_{corr})$ için önerilen model, %87,69 gerçeklikle Eşitlik 7'deki gibi hesap edilmiştir.

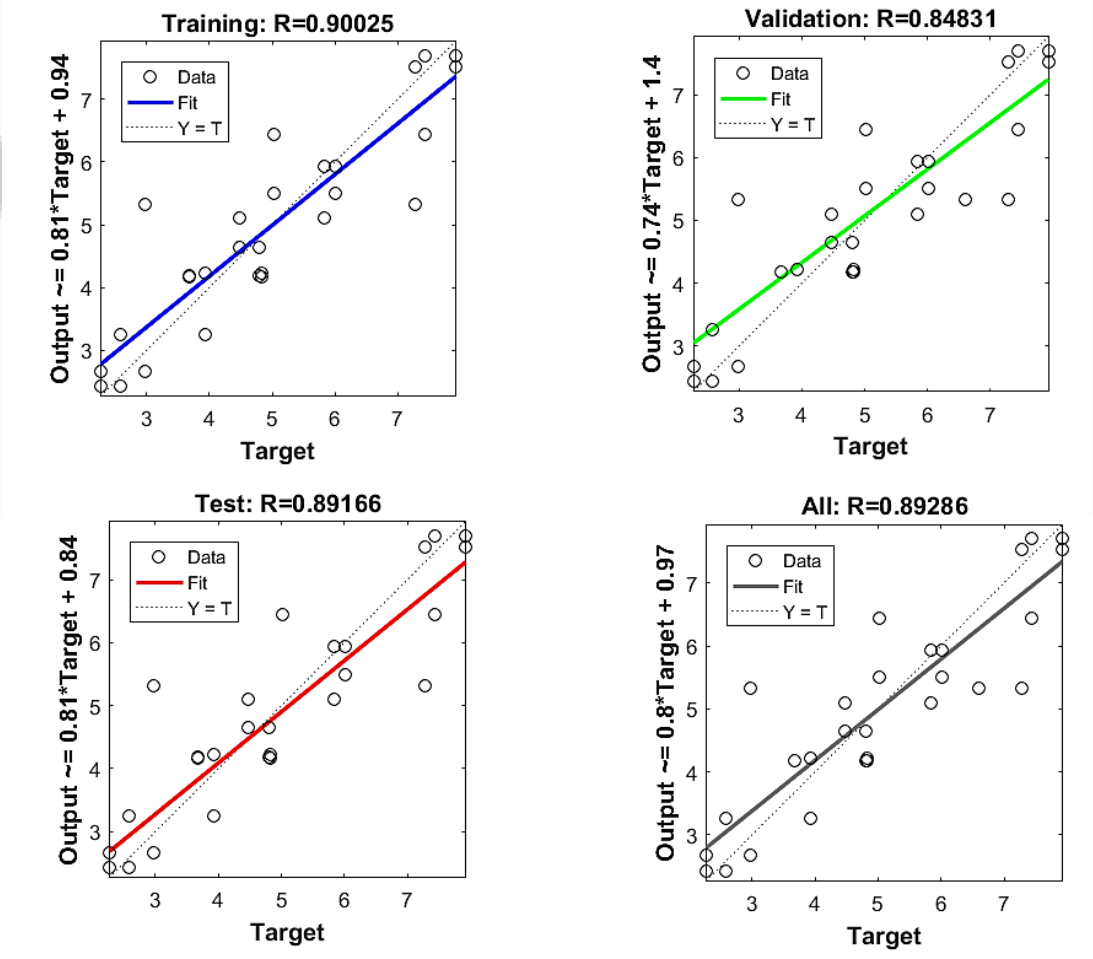
$$Teorik\ (I_{corr}) = 0.019xGerçek\ korozyon\ oranı - 1.5677 \quad (7)$$

Tüm verilerin %70'i eğitim, %30'u test amaçlı kullanılmıştır. Teorik I_{corr} değerine bağlı olarak gerçek korozyon oranının hesaplanması için geliştirilen model uyarlamalı ağ bulanık sistemleri (Adaptive Neuro Inference System ANFIS) kullanılmıştır. Gözlenen ve tahmin edilen değerlerin regresyon grafikleri (Teorik I_{corr} – gerçek korozyon oranı) ilişkileri Şekil 6'da sunulmuştur. Şekil 6'da Teorik I_{corr} – gerçek korozyon oranı ilişkilerinde, ortalama 0.81 çıktı ve 0.94 hedefe göre eğitim %90,00 seviyesinde

elde edilirken, ortalama 0.81 çıktı ve 0.84 hedefe göre testler %89,17 seviyesinde hesap edilmiştir. Teorik I_{corr} – gerçek korozyon oranı ilişkileri için doğrulama ve tamamı, sırası ile 0.74 çıktı ve 1.40 hedef ve 0.80 çıktı ve 0.97 hedef açısından %84,83 ve %89,28 seviyelerinde hesap edilmiştir.



Şekil 5. C2-C30 Numunelerine ait $Teorik\ (I_{corr})$ ve $Gerçek\ korozyon\ oranı$ değerleri



Şekil 6. Gözlenen ve tahmin edilen değerlerin regresyon grafikleri (Teorik I_{corr} – gerçek korozyon oranı).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma kapsamında C8, C20 ve C30 MPa beton basınç dayanımına sahip numunelerin, Faraday kanununa göre teorik olarak elde edilen korozyon oranı değerleri; gravimetrik çalışmalar sonucunda elde edilen gerçek korozyon oranı, teorik akım yoğunluğu ve deneysel akım yoğunluğu değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Elde edilen veriler aşağıdaki gibi özetlenebilir;

Teorik korozyon oranı hesabında kullanılan yöntemlerin salt donatı korozyonuna göre geliştirilmiş olması betona gömülü donatıların korozyon hesabında farklılıklara yol açmaktadır.

8 MPa beton basınç dayanımına sahip numunelerde korozyon kaynaklı çatlakların C20 ve C30 beton basınç dayanımına sahip numunelere göre erken sevilerde oluşmasının teorik/gerçek korozyon oranı değerlerinin düşük değerlerde olmasına yol açtığı düşünülmektedir

Teorik I_{corr} değerine bağlı olarak gerçek korozyon oranının elde edilmesinde kullanılan ANFİS modelinin tahmin oranı %89'dur.

Teorik akım yoğunluğu ile gerçek korozyon oranı arasındaki ilişkinin, Faraday kanununa göre hesaplanan teorik korozyon oranı ile gerçek korozyon oranı arasındaki ilişkiden daha iyi elde edilmiştir. Yüzey alanı büyük tam ölçekli numunelerde (kolon, kiriş, döşeme, çerçeve) teorik korozyon oranı hesaplamalarında donatı yüzey alanına bağlı olarak elde edilen korozyon oranlarının diğer yöntemlere göre daha doğru sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın finansal desteği Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu TÜBİTAK 3501 ve 116M162 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın yazarları TÜBİTAK kurumuna desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilir.

KAYNAKLAR

AIJ, 1997, "Recommendations for Practice of Survey, Diagnosis and Repair for Deterioration of Reinforced Concrete Structures," Architectural Institute of Japan, Tokyo, Japan.

Almusallam, A. A. (2001). Effect of degree of corrosion on the properties of reinforcing steel bars. Construction and building materials, 15(8), 361-368.Du, YG., Clark, L.A. ve Chan, AHC. (2005). Residual capacity of corroded reinforcing bars. Magazine of Concrete Research, 57(3), 135-147.

ASTM G1-03, 2003, "Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens," ASTM International, West Conshohocken, PA, 9 pp.

Cabrera, J. G. (1996). Deterioration of concrete due to reinforcement steel corrosion. Cement and concrete composites, 18(1), 47-59.

Chung, L., Kim, J. H. J., & Yi, S. T. (2008). Bond strength prediction for reinforced concrete members with highly corroded reinforcing bars. Cement and concrete composites, 30(7), 603-611.

Çağatay, İ. H. (2005). Experimental Evaluation of Buildings Damaged in Recent Earthquakes in Turkey. Engineering Failure Analysis, 12, 440-452.Özmen, B., Nurlu, M., (1999), Deprem Bölgeleri Haritası ile İlgili Bazı Bilgiler, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni,* Sayı: 99/2-3, sayfa 32-35, Ankara.

Du, Y. G., Clark, L. A., & Chan, A. H. C. (2005). Residual capacity of corroded reinforcing bars. Magazine of Concrete Research, 57(3), 135-147.

Fang, C., Lundgren, K., Chen, L., & Zhu, C. (2004). Corrosion influence on bond in reinforced concrete. Cement and concrete research, 34(11), 2159-2167.

Gulikers, J. (2005). Theoretical considerations on the supposed linear relationship between concrete resistivity and corrosion rate of steel reinforcement. Materials and Corrosion, 56(6), 393-403.

Lee, S. B., Cho, K. H., Lee, W. G., & Jang, H. (2009). Improved corrosion resistance and interfacial contact resistance of 316L stainless-steel for proton exchange membrane fuel cell bipolar plates by chromizing surface treatment. Journal of Power Sources, 187(2), 318-323.

Lu, C., Yuan, S., Cheng, P., & Liu, R. (2016). Mechanical properties of corroded steel bars in pre-cracked concrete suffering from chloride attack. Construction and Building Materials, 123, 649-660.

Morinaga, S. (1988). Prediction of service life of reinforced concrete buildings based on rate of corrosion of reinforcing steel. Special Rep. 23, Institute of Technology, Shimizu corporation, Tokyo, Japan, 82.

Yalciner, H., Eren, O. ve Sensoy, S. (2012). An experimental study on the bond strength between reinforcement bars and concrete as a function of concrete cover, strength and corrosion level. Cement and Concrete Research, 42(5), 643-655.

Yalciner, H., Sensoy, S., & Eren, O. (2015). Seismic performance assessment of a corroded 50-year-old reinforced concrete building. Journal of Structural Engineering, 141(12), 05015001.

Yalciner, H. (2017). “Paslanmaya maruz kalmış betonarme kolonlarda donatı sıyrılma hesabı için deneye dayalı bir modelin geliştirilmesi” Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, TUBİTAK 3501-116M162.

Zhang, R., Castel, A., & François, R. (2009). Serviceability limit state criteria based on steel–concrete bond loss for corroded reinforced concrete in chloride environment. Materials and structures, 42(10), 1407-1421.

Presentation ID / Sunum No: 122

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-1892-5146

14 Katlı Betonarme Bir Binanın 2018 Deprem Yönetmeliğine Göre Deprem Performansının Değerlendirilmesi

Araştırmacı Fatıma Büşra Sönmez[1], Dr. Öğretim Üyesi Hakan Erdoğan[1]
[1]Kocaeli Üniversitesi

**Corresponding Author: Fatıma Büşra Sönmez*

Özet: *Türkiye, dünyanın sismik olarak aktif bölgelerinden birinde yer almaktadır. Buna göre, özellikle nüfusun yoğun olduğu İstanbul ili ve çevresinde sismik riskin oldukça yüksek olduğunu ifade etmek mümkündür. Bu riski en aza indirmek için mevcut yapı stokunun güvenilirliğinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, İstanbul'da bulunan 14 katlı betonarme bir binanın deprem performansı incelenmiştir. Saha çalışmaları neticesinde binanın 1990 yılında inşa edildiği ve 1975 deprem yönetmeliği esaslarına göre tasarlandığı saptanmıştır. Elde edilen veriler ışığında mevcut yapıyı temsil eden 3 boyutlu matematiksel model SAP2000 yapısal analiz programı yardımıyla oluşturulmuştur. Binanın deprem performansı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-TBDY(2018)'de tarif edilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Doğrusal olmayan davranışı modelleyebilmek için eleman uç noktalarına yığılı plastik mafsallar tanımlanmıştır. Analizler neticesinde eleman uç bölgelerindeki dönme talepleri hesaplanmıştır. Elde edilen dönme talepleri ile dönme limit değerleri karşılaştırılarak her bir taşıyıcı elemanın hasar durumu belirlenmiştir. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda yapının deprem performans düzeyi saptanmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz, Betonarme Binalar, Deprem Performansı*

Earthquake Performance Assessment of a 14-Storey Reinforced Concrete Building According to Turkish Building Earthquake Code (Tbec-2018)

Abstract*: Turkey is located in seismically active regions of the world. Accordingly, it is possible to state that the seismic risk is quite high, especially in and around Istanbul, where the population is dense. In order to minimize this risk, it is of great importance to determine the reliability of the existing building stock. In this study, the earthquake performance of a 14-storey reinforced concrete building in Istanbul was investigated. As a result of the field studies, it is understood that the building was built in 1990 and designed according to the 1975 eartquake code. In the light of the site investigations, a 3D mathematical model representing the existing structure was constructed by employing the structural analysis program SAP2000. The seismic performance of the building was investigated using the nonlinear time-history analysis prescribed in the Turkish Building Earthquake Code-TBEC(2018). Lumped plastic hinges were defined at the member ends to model the nonlinear behavior. The rotation demands at the member end regions were computed from the analysis results. The damage stage of each member was determined by comparing the rotation demands with the limit values. As a result of the comparisons, the earthquake performance level of the building was determined.*

Keywords: *Nonlinear Time History Analysis, Reinforced Concrete Buildings, Seismic Performance*

GİRİŞ

Aktif fay hattı üzerinde bulunan ülkemizde son 60 yılda yaşanan doğal afetlerin sonucu ortaya çıkan yapı hasarları incelendiğinde %62'sinin sebebinin deprem olduğu görülmüştür (Erdoğan, 2007:1). 17 Ağustos Gölcük depremi sonucunda 18.373 can kaybı, 48.901 yaralı olduğu anlaşılmış ve 364.905 yapının hasar aldığı kayıtlarda belirtilmiştir (TBMM, 2010:49). Nüfusun yoğun olarak bulunduğu

İstanbul ve çevre illerde yaşanması beklenen şiddetli depremler sonucu meydana gelebilecek tahmini kayıp sayısının yüksek olduğunu ifade etmek mümkündür. Sismik hasarların yol açtığı kayıpları en aza indirmek için depreme dayanıklı yapılar inşa etmenin yanında mevcut yapı stokunun güvenilirliğinin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması önem arz etmektedir. Mevcut bina türü yapıların deprem performansının belirlenmesine yönelik esaslar Türk Bina Deprem Yönetmeliği'nin (TBDY-2018) 15. bölümünde yer almaktadır. Binaların depreme karşı performansı doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılarak belirlenebilmektedir. Ancak doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin yapı davranışını daha iyi temsil ettiğini söylemek mümkündür (Chopra, 2001; akt. Dok, 2016:1296). Doğrusal olmayan hesap yöntemleri tek modlu ve çok modlu statik itme yöntemleri ve zaman tanım alanında hesap yöntemi olmak üzere üç alt başlığa ayrılmaktadır (TBDY, 2018). Doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz doğrusal olmayan itme yöntemleri kullanılarak yapılan analize göre daha karmaşıktır. Uygulamaların daha pratik olması amacıyla itme analizi yöntemleri tercih edilmektedir. Ancak itme analizlerinin uygulanabilirliği özetle bina yükseklik sınıfı, binadaki burulma düzensizliği, yapı hakim modundaki kütle katılım oranı koşullarına bağlıdır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ise tüm binaların tasarım ve değerlendirilmesinde kullanılabilmektedir (TBDY, 2018).

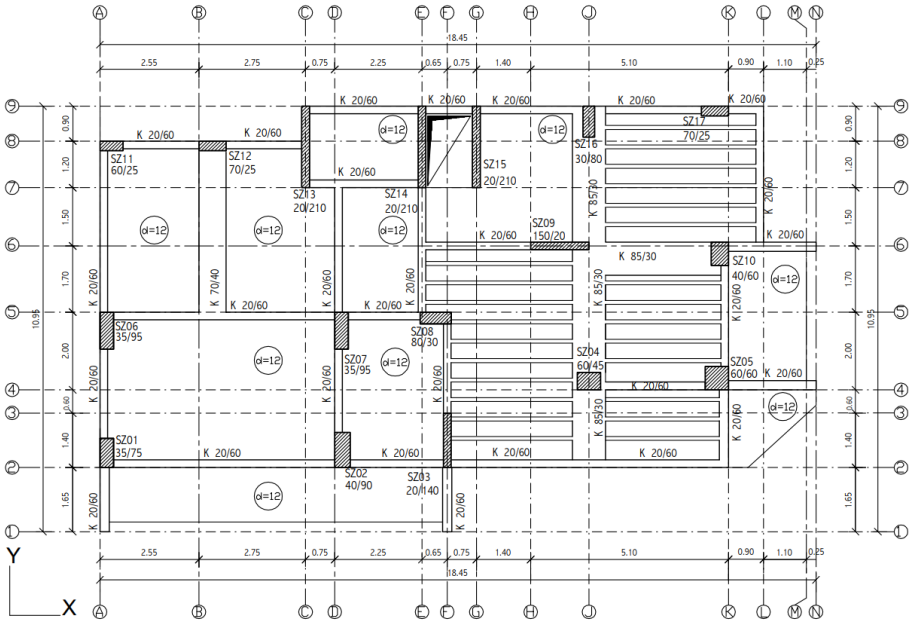
Literatürde TBDY-2018'e göre mevcut yapıların deprem performansını belirlemeye yönelik çalışmalar yer almaktadır. Şahin (2019), zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemini kullanarak sadece çerçeve sistemden oluşan mevcut 8 katlı betonarme bir binanın deprem performansını belirlemiştir. Tek ivme kaydını değerlendirmeye alarak yapının göçme öncesi performans düzeyinde olduğunu belirtmiş ve güçlendirmeye yönelik önerilerde bulunmuştur. Aksoylu (2020) ve Yıldız (2021), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe (DBYBHY-2007) göre tasarlanmış olan yüksek katlı mevcut binaların deprem performansını TBDY-2018'de öngörülen doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemini kullanarak değerlendirmiştir. Buzuki (2019), TBDY-2018 ve Eurocode-8 esaslarına göre 24 katlı bir binanın deprem performansını belirlemek için zaman tanım alanında analiz yöntemini kullanmıştır. İki farklı yönetmelik kriterlerine göre elde edilen sonuçların karşılaştırılması neticesinde benzer yapısal hasarların öngörüldüğünü vurgulamıştır.

Bu çalışmada 1975 yönetmeliği esaslarına göre tasarlanan ve 1990 yılında inşa edildiği belirlenen perde+çerçeve sisteme sahip 14 katlı mevcut betonarme bir binanın TBDY-2018'e göre doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz metodu kullanılarak deprem performans düzeyinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL METOT

2.1. Saha Çalışmaları ve Bilgi Toplanması

Bu bölümde sunulan veriler 6306 sayılı Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar Yönetmeliği'nde yer alan "Orta Katlı Binalar için Risk Tespiti" esasları dikkate alınarak hazırlanmış olan rapordan elde edilmiştir. Yapı taşıyıcı sistem eleman boyutları ve yerleşimleri sahada yapılacak rölöve çalışmaları neticesinde oluşturulmaktadır. Bu çalışmada incelenecek olan yapı bodrum, zemin ve 12 normal kat olmak üzere toplamda 14 katlı olacak şekilde inşa edilmiştir. Kat yükseklikleri bodrum katta 3.9 metre, zemin katta 4 metre ve normal katlarda 2.95 metre olarak tespit edilen yapının toplam yüksekliği bodrum kat hariç 39.4 metredir. Binanın yaklaşık boyutu X yönünde 19.95 metre, Y yönünde ise 10.95 metre olarak belirlenmiştir. Her bir katında 12 adet kolon ve 5 adet perde bulunmaktadır. Kolon ve perde boyutları katlar arasında değişkenlik göstermektedir. Kat planlarında asmolen ve plak döşeme sistemi bir arada kullanılmıştır. Yapıya ait zemin kat tavan kalıp planı Şekil-1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Zemin Kat Tavan Kalıp Planı

Mevcut yapılara ait malzeme kalitesinin tespiti, eleman kapasitelerini belirlemekte önemli bir yere sahiptir. Bu amaçla yapılması gerek görülen tahribatlı ve tahribatsız numune testleri TBDY-2018'de belirtilmiştir. Mevcut beton dayanımının belirlenmesi amacıyla alınmış beton numunelerine ait basınç değerlerinin ortalaması alınarak beton basınç dayanımı 9.40 MPa olarak belirlenmiştir.

Taşıyıcı sistem elemanlarındaki donatı hakkında bilgi tespiti iki yöntem ile yapılmaktadır. Bu yöntemler tahribatsız (röntgen) ve tahribatlı (sıyırma) yöntem olarak yönetmeliklerde belirtilmektedir. Yapılan bu işlemler neticesinde boyuna donatı çapı, enine donatı çapı, enine donatı aralığı, kanca durumu, donatı tipi, paspayı hakkında bilgiler edinilmektedir. Donatı tespiti yapılan taşıyıcı sistem elemanlarında bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı hesaplanarak tespit yapılmayan diğer tüm taşıyıcı sistem elemanlarında bu katsayı yardımı ile donatı miktarları tahmin edilmektedir. Tablo-1'de yapı taşıyıcı sistem elemanlarının malzeme parametreleri paylaşılmıştır.

Tablo 1. Malzeme Özellikleri

Beton Basınç Dayanımı	9,40 MPa
Donatı çeliği	S220
Beton Elastisite Modülü	23960 MPa

Yapının bulunduğu konumda yerel zemin sınıfı ZC olarak raporlanmıştır. Yapı coğrafi konum bilgileri kullanılarak 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan DD-2 tasarım depreminde kullanılacak spekral ivme katsayıları Tablo-2'de yer almaktadır.

Tablo 2. Spektral İvme Katsayıları

Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı (S_S)	1.021
1.0 sn Periyot İçin Harita Spektral İvme Katsayısı (S_1)	0.277
Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	1.225
1.0 sn Periyot İçin Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{D1})	0.416

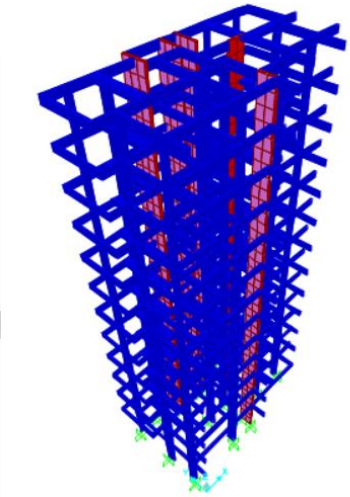
2.2. Yapının Bilgisayar Modelinin Oluşturulması

Mevcut yapının 3 boyutlu modeli SAP2000 V20 programı ile oluşturulmuştur (Şekil-2). Modelleme ve analizde kolaylık sağlaması amacıyla bina modeli oluşturulurken bazı kabuller yapılmıştır.Yapılan kabul ve model hakkında bilgiler aşağıda sıralanmıştır;

Binanın bodrum katının tamamı rijit bodrum perdeleri ile çevrili olduğundan bodrum kat hesaba katılamayarak zemin katın kolon ve perde tabanlarına ankastre mesnet tanımı yapılmıştır.

Kiriş ve kolonlar çerçeve (çubuk), perde duvarlar ise kabuk (shell) eleman olarak modellenmiştir.

Analiz süresini kısaltmak amacıyla döşemeler modele tanımlanmamış olup döşemelere gelen hareketli ve sabit yükler doğrudan kirişlere etkitilmiştir.



Şekil 2. Yapının 3 Boyutlu Modeli

Taşıyıcı sistem elemanlarında çatlamış kesite ait etkin kesit rijitlikleri kullanılmıştır.

Doğrusal olmayan davranış modele çubuk eleman olarak modellenen kolon ve kiriş uçlarında yığılı plastik mafsal tanımı ile yansıtılmıştır. Bu tanım ile yığılı plastik mafsal tanımı yapılmayan orta bölgelerde elemanın doğrusal davranış gösterdiği varsayılmaktadır.

Plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutunun (h) yarısına eşit alınmıştır.

Kirişler sadece eğilme etkisinde olduklarından tek eksenli eğilme momenti (M3), kolonlar aynı zamanda eksenel kuvvet etkisinde olduklarından eksenel kuvvet ve iki eksenli eğilme momenti (P-M2-M3) plastik mafsal ataması yapılmıştır.

Perdelerin doğrusal olmayan davranışı tanımlanırken çok katmanlı kabuk eleman modeli kullanılmıştır.

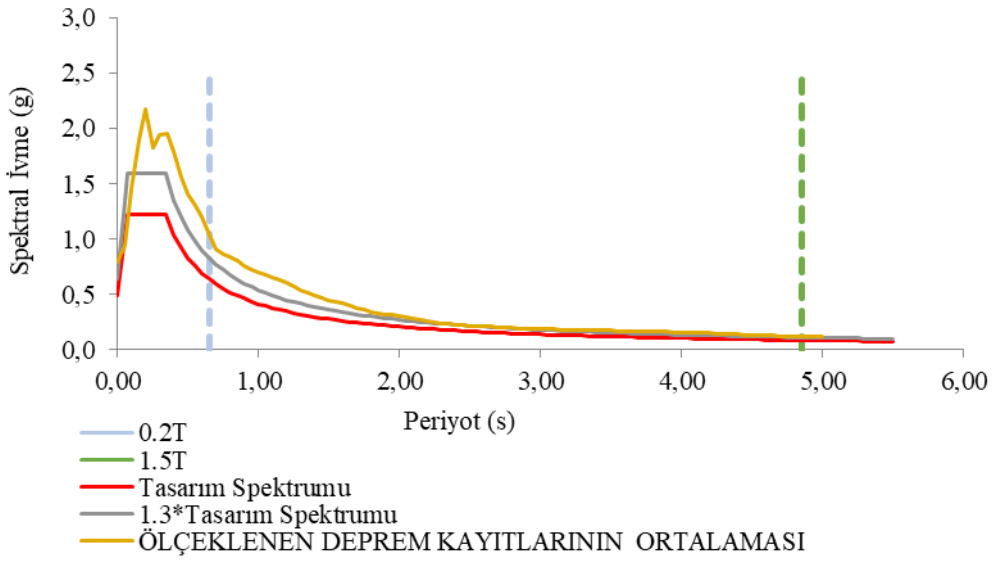
2.3. Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz

Analizlerde kullanılacak deprem ivme kayıtlarına PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center) NGA West2 veri tabanı kullanılarak ulaşılmıştır (PEER, 2022). Kayıtlar seçilirken üst 30 metredeki ortalama kayma hızı (V_{s30}) 360 ile 760 m/s, aktif fay düzlemine en yakın mesafe (R_{rup}) ve kayıt yeri ile kaynak noktası arasındaki mesafe (R_{jb}) 0 ile 20 km, deprem büyüklüğü (M_w) 6 ile 8 arasında sınırlandırılarak hedef ivme spektrumuna en uygun deprem kayıtları seçilmiştir. Seçilen deprem kayıtlarına ait bilgiler Tablo-3' te belirtilmektedir.

Tablo 3. Seçilen İvme Kayıtları ve Özellikleri

Deprem Adı	RSN	Büyüklük	R_{jb}	R_{rup}	V_{s30}	Kaynak Mekanizması
Chi-Chi, Taiwan	1546	7.62	9.34	9.34	475.46	Ters Oblik
Kocaeli, Turkey	1148	7.51	10.56	13.49	523	Doğrultu Atımlı
Manjil, Iran	1633	7.37	12.55	12.55	723.95	Doğrultu Atımlı
Tabas, Iran	139	7.35	0	13.94	471.53	Ters
Duzce,Turkey	8166	7.14	3.58	3.58	425	Doğrultu Atımlı
Duzce,Turkey	8164	7.14	3.58	3.58	425	Doğrultu Atımlı
Northridge-01	1052	6.69	5.26	7.26	508.08	Ters
Tottori, Japan	3943	6.61	9.1	9.12	616.55	Doğrultu Atımlı
Imperial Valley-06	164	6.53	15.19	15.19	471.53	Doğrultu Atımlı
Chi-Chi, Taiwan-04	2734	6.2	6.02	6.2	553.43	Doğrultu Atımlı
Parkfield-02, CA	4071	6	0.61	2.57	397.57	Doğrultu Atımlı

Seçilen deprem kayıtları tasarım ivme spektrumu ile uyumlu olacak şekilde ölçeklendirilmiştir. Ölçeklendirme, deprem kayıtlarına ait bileşenlerin karelerinin toplamının karekökünün (SRSS) ortalaması alınarak yapılmıştır. 0.2T (≈0,7sn) ve 1.5T (≈4,9sn) periyotları arasındaki genliklerinin, tasarım ivme spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının 1.3'ten daha küçük olmaması kuralına göre gerçekleştirilmiştir. Seçilen deprem kayıtlarının deprem tasarım spektrumu ile uyumu Şekil-3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Ölçeklenen İvme Kayıtlarının Ortalamasının Tasarım Depremi ile Karşılaştırılması

TBDY-2018'e göre zaman tanım alanında analize başlamadan önce düşey yüklerin taşıyıcı sisteme artımsal olarak uygulandığı doğrusal olmayan statik hesap ile elde edilen iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler yatay deprem hesabında başlangıç değerleri olarak göz önüne alınmıştır. Bu koşulda dikkate alınan yükleme etkileri Denklem-1' de belirtilmiştir (TBDY, 2018).

$$G + nQ + 0.3E_d^{(z)} \quad (1)$$

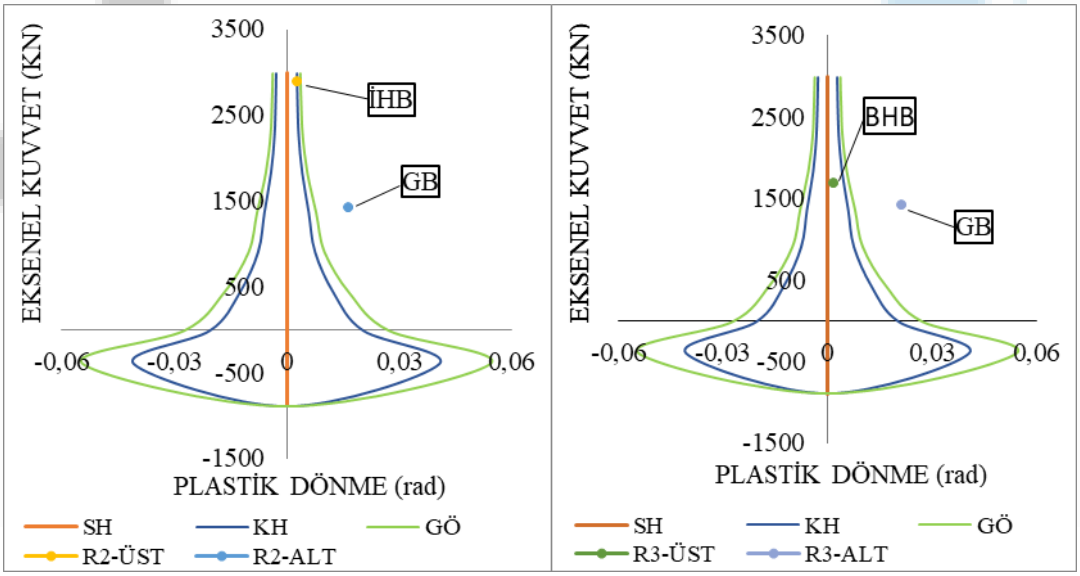
$$E_d^{(z)} = 2/3S_{DS}\, G \quad (2)$$

$$E_d^{(z)} = 1.245G + 0.3Q \quad (3)$$

Düşey deprem etkisi, kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) ve sabit yük (G)'ye bağlı olarak Denklem-2'de gösterildiği şekliyle tanımlanmıştır. Binanın kullanım amacı konut olduğundan hareketli yük katılım katsayısı (n) 0.3 olarak alınmıştır. Doğrusal olmayan hesap başlangıç değeri Denklem-3'te belirtilmiştir.

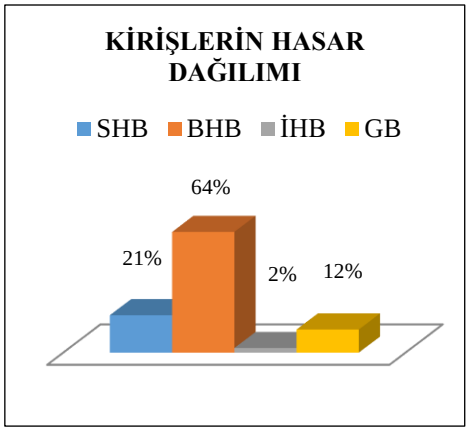
Seçilen deprem kayıtlarına ait ölçeklendirilmiş X ve Y deprem bileşenleri eş zamanlı olarak etkitilmiştir. Analizlerde P delta etkileri dikkate alınmıştır. Aynı deprem kaydına ait bileşenler 90^0 döndürülerek analizler tekrarlanmıştır. 11 adet deprem kaydı kullanılarak toplamda 22 adet analiz gerçekleştirilmiştir.

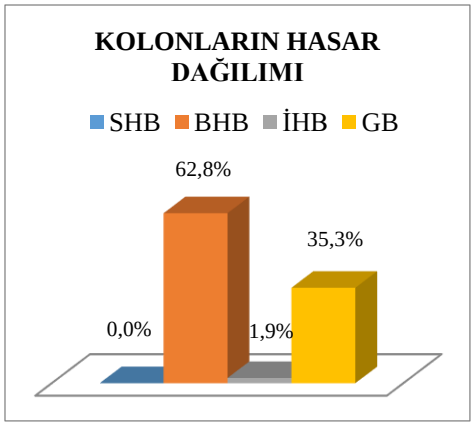
TBDY-2018'de taşıyıcı sistem elemanlarının dönme ve birim şekil değiştirme limit değerleri üç başlık altında toplanarak sınıflandırılmıştır. Bu limit değerler sınırlı hasar (SH), kontrollü hasar (KH), göçmenin önlenmesi (GÖ) olarak isimlendirilmektedir. Analizler neticesinde kolon ve kiriş uç bölgelerindeki dönme talepleri hesaplanmıştır. Kullanılan donatı çeliği nervürsüz olduğundan hesaplanan değerlerin 1.5 katı talep edilen dönme değeri olarak dikkate alınmıştır. Talep edilen dönme değerleri ile limit değerler karşılaştırılarak taşıyıcı sistem elemanlarının hasar düzeyleri belirlenmiştir. Örnek olarak 60x60 cm boyutlarındaki bir kolona ait normal kuvvet-dönme diyagramı üzerinde limit değerler ile kolon alt ve üst mafsalında oluşan dönme değerleri her iki doğrultu için Şekil-4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 60x60 cm Boyutlarındaki Kolonun Eksenel Kuvvet Dönme Diyagramlar

Şekil 5. Kiriş ve Kolonların Hasar Dağılımı





Yapıda bodrum kat hariç toplam 442 adet kiriş, 156 kolon ve 65 adet perde bulunmaktadır. Analiz sonuçlarına göre perdelerin büyük çoğunluğu sınırlı hasar, kolonların 98 tanesi belirgin hasar, 3 tanesi ileri hasar, 55 tanesi göçme bölgesinde yer almaktadır. Kirişlerin ise 94 tanesi sınırlı hasar, 282 tanesi belirgin hasar, 11 tanesi ileri hasar, 55 tanesi göçme bölgesinde yer almaktadır. Kiriş ve kolonlara ait hasar dağılımları Şekil-5'te gösterilmiştir.

Bulgular ve Sonuç

Bu çalışmada 1975 yönetmeliği esaslarına göre tasarlanan ve 1990 yılında inşa edildiği belirlenen 14 katlı betonarme taşıyıcı sisteme sahip mevcut bir binanın deprem performansı değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, saha çalışması ile elde edilen veriler yardımı ile yapının 3 boyutlu matematiksel modeli SAP2000 programı kullanılarak oluşturulmuştur. TBDY-2018'de belirtilen doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi kullanılarak toplamda 22 adet analiz gerçekleştirilmiştir. Kolon ve kiriş eleman uç bölgelerine tanımlanan plastik mafsallar ile dönme talep değerleri elde edilmiştir. Perdeler ise çok katmanlı kabuk model olarak modellendiğinden beton ve donatı birim şekil değiştirme değerleri belirlenmiştir. Analizler sonucu elde edilen talep değerler ile yönetmelik esaslarınca belirlenen limit değerler karşılaştırılarak her bir taşıyıcı elemana ait hasar düzeyi saptanmıştır. Kesit hasar düzeyleri belirlenirken eleman uçlarındaki en elverişsiz sonuçlar dikkate alınmıştır.

Kiriş ve kolonların çoğunda kalıcı hasarların meydana geldiği belirlenmiştir. Zemin katta bulunan kolonların tamamının göçme bölgesinde olduğu saptanmıştır. Yapıda bulunan kolonların yaklaşık %35'inin, kirişlerin ise %12'sinin göçme bölgesinde olduğu tespit edilmiştir. Plastik hasarların özellikle yapının alt katlarında meydana geldiği üst katlara çıkıldıkça hasar düzeylerinin azaldığı belirlenmiştir. 9. normal kat itibari ile göçme bölgesine geçen kolon bulunmamaktadır.

Bütün bu bilgiler ışığında, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem düzeyi için sağlaması gerekli görülen kontrollü hasar performans seviyesini sağlamadığı ve yapının performans düzeyinin göçme seviyesinde olduğu sonucuna varılmıştır Binanın mevcut halde kullanılması can güvenliği bakımından risk teşkil etmektedir. Hedef performans seviyesini sağlayamayan yapıların uygun yöntemler kullanılarak güçlendirilmesi veya yıkılarak yeniden inşa edilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

Aksoylu, T. (2020). 40 Katlı Asimetrik Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi İle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Buzuki, J. (2019). Seısmıc Performance Evaluatıon Of 24 Story Rc Buıldıng By Nonlınear Tıme Hıstory Analysıs Utılızıng Tbdy2018 And Ec8. M.Sc. Thesis, Istanbul Technıcal Unıversıty, Graduate School Of Scıence Engıneerıng And Technology.

Dok, G. (2016). Betonarme Yüksek Yapılarda Doğrusal Elastik Olmayan Performans Değerlendirmesi, In 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2016), November 2016, Alanya/Antalya-Turkey, 1295-1303.

Erdoğan, E. (2007). Ankara'daki Mevcut Yapıların Depremselliği. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

PEER. Peer Ground Motion Database, Pacific Earthquake Engineering Research Center.

SAP2000 V.20, Computers and Structures, Inc., http://www.csiberkeley.com, 1995 University Avenue Berkeley, California 94704 USA.

Şahin, Y. (2019). Mevcut Bir Betonarme Binanın 2019 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne Göre Zaman Tanım Alanında Analizinin Yapılarak Performansının Belirlenmesi Ve Çelik Güçlendirme Önerileri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

TBDY. (2018). Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Ankara, 2018.

TBMM. (2010). "Deprem Riskinin Araştırılarak Deprem Yönetiminde Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırması Komisyonu Raporu", https://www5.tbmm.gov.tr/sirasayi/donem23/yil01/ss549.pdf, 16.11.2022.

Yıldız, E. (2021). Mevcut 44 Katlı Betonarme Yüksek Bir Binanın Tbdy 2018'e Göre Deprem Performansının Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Yöntemle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Presentation ID / Sunum No: 18

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-2576-3947

Piren Halkası Içeren Yeni Schiff Bazı: Sentez, Karakterizasyon, Renk Özellikleri Ve Bazı Metal Iyonlarına Karşı Kemosensör Özelliklerin Araştırılması

Dr. Mustafa Bal[1], Dr. Ayşegül Köse[2], Araştırmacı Özüm Özpaça[1], Prof.Dr. Muhammet Köse[1]
[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
[2]Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi

*Corresponding author: Mustafa BAL

Özet: *Bu araştırmada, piren halkası içeren (Z)-2-((piren-1-ylmetilen)amino)tereftalik asit [**A**] bileşiğinin sentezi gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen ligandın kemosensör özellikleri bazı metal iyonlarının varlığında araştırıldı. Ayrıca elde edilen bileşiğin FT-IR, UV-vis ve Fotolüminesans özellikleri belirlendi ve tartışıldı. Bileşiğin kemosensör özelliğinin belirlenmesi için ligandın* ***Mn^{2+}, Al^{3+}, Co^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}, Fe^{3+}, Hg^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}*** *metal iyonları ile çözeltileri belirli oranlarda karıştırılarak gün ışığı, uzun dalga boyu ve kısa dalga boyu olmak üzere üç farklı ışık kaynağı altında incelenmiştir. Kısa dalga boylu ışık altında Al^{3+} iyonunun varlığında yeşil renkli emisyon gözlendi. Fe^{3+} iyon varlığında, kısa dalga boylu ışık altında pembe-mor renkli emisyon gözlendi. Ayrıca A bileşiğinin emisyon değerlerinden yararlanılarak CIE faktörleri de hesaplanmıştır. Elde edilen değerler incelendiğinde A bileşiğinin emisyonunun mavi bölgede olduğu görülmüştür.*

Anahtar Kelimeler: *Floresans, Metal iyonları, Kemosensör, Schiff bazı, Renk özellikleri*

New Schiff Base Containing Pyrene Ring: Synthesis, Characterization, Color Properties and İnvestigation of Chemosensory Properties Against Some Metal Ions

Abstract*: In this research, synthesis of (Z)-2-((pyren-1-ylmethylene)amino)terephthalic acid [A] compound containing pyrene ring was carried out. The chemosensory properties of the synthesized ligand were investigated in the presence of some metal ions. In addition, the FT-IR, UV-vis and Photoluminescence properties of the obtained compound were determined and discussed. In order to determine the chemosensory property of the compound, the solutions of the ligand with Mn2+, Al3+, Co2+, Zn2+, Pb2+, Fe3+, Hg2+, Ni2+, Cu2+ metal ions were mixed in a certain ratio and examined under three different light sources of daylight, long wavelength and short wavelength. Green emission was observed in the presence of Al3+ ion under short wavelength light. In the presence of Fe3+ion, pink-violet emission was observed under short wavelength light. In addition, CIE factors were also calculated from the emission values of Compound A. When the obtained values were examined, it was seen that the emission of Compound A was in the blue region.*

Keywords: *Fluorescence, Metal İons, Chemosensor, Schiff Base, Color Properties*

INTRODUCTION

Today, synthesis of chemosensors has become the focus of attention due to environmental pollution caused by heavy metals [Liao, et al., 2015; Wong, et al., 2007; Quang & Kim, 2010]. In industrial and agricultural application areas, mercury and mercury compounds, which are heavy metals, have become important especially due to the bioaccumulation they form in foods [Renzoni, et al., 1998; Leopold, et al, 2009; Vil'pan, et al., 2005]. According to the literature, mercury is the second toxic heavy metal on earth; In general, metals are in the third row [Angupillai, et al., 2015]. Among the metals, it is known that especially the mercury ion is quite toxic. It is also known that mercury can interact quickly with thiol groups in enzymes and proteins,

and therefore easily penetrates into human cells. Due to this function, it causes some very serious diseases such as minimata disease, nervous disorders and gastric perforation [Cheng, & Hu, 2012; Chemate, & Sekar, 2015]. Schiff bases, which are formed by the reaction of primary amines and carbonyl compounds, have a double bond formed by C and N atoms and called imine or azomethine bonds. These compounds can transfer one or more pairs of electrons to metal ions. These stable complex structures formed by Schiff bases with metals have found a place in many areas [da Silveira, et al., 2008; Lin& Yang, 2009; Cozzi, 2004; Issaadi, et al., 2011]. One of these areas; Because the fluorescence property of the ligand is prominent in the coordination of the Schiff base ligand and the metal ion, such structures are used as chemosensors [Yang, et al., 2013; Gupta, et al., 2014; Azadbakht, et al., 2013; Roy, et al., 2013; Chen, et al., 2014]. Because of the important role of metals in the physiological process, the synthesis of selective chemosensors for the detection of these ions has become very important [Silva, et al., 1992]. Organic structures with sensory properties have the most important place in the measuring principle of most analytical instruments. Such reagents are involved in most chromatographic methods, optical and electrochemical sensors [Spichiger-Keller, 2008]. The metal ion level can be determined by many methods such as voltammetry [Oztekin, et al., 2011], inductively coupled plasmaatomic emission spectrometry [Liu, et al., 2005], atomic absorption/emission spectrometry [Gonzales, et al., 2009], and inductively coupled plasma-mass spectrometry [Becker, et al., 2007]. Most of these methods have low selectivity and sensitivity. The fluorescence method stands out as the most preferred method in medicine and chemistry. In most of the chemosensors used for the detection of metal ions, fluorescence quenching behavior is observed due to the interaction between the metal ion and the sensory compound, energy-electron transfer or spin-orbital interaction [Varnes, et al., 1972; Turel, et al., 2009; Khatua, et al., 2009].

MATERIALS AND METHODS

The chemical materials used in the synthesis and analysis process were purchased from certain companies (Aldrich or Merck). The product synthesized within the scope of the study was characterized using the FT-IR spectroscopic method. Structural analysis of the material, FT-IR (ATR) measurements, Perkin Elmer Spectrum 400 Spectrophotometer, light absorption properties, Hitachi U3900h Spectrophotometer UV-*vis* spectrophotometer, emission characteristics determination HORIBA Jobin Yvon Triax 550 CCD, Photoluminescence Spectrophotometer. All materials consumed during the process were processed in spectrophotometrically graded containers and analyzes were continued with a quartz cuvette with 1 cm optical path.

Synthesis of Schiff base ligand compound

During the synthesis of compound **[(*Z*)-2-((pyren-1-ylmethylene)amino)terephthalic acid]** (**$C_{25}H_{15}NO_4$**) **(A)**, which contains a pyrene ring and Azomethine bond, 3 mmol (0.69078 g) of pyrene-1-carbaldehyde was dissolved in methanol in a balloon. It was refluxed under reflux until the dissolution of the substance was complete. 3 mmol (0.543 g), 2-aminoterephthalic acid was added to the prepared solution and the mixture was refluxed for 24 hours. At the end of the period, the resulting mixture was filtered and the yellow precipitate was left to dry under room conditions (**Fig.1**).

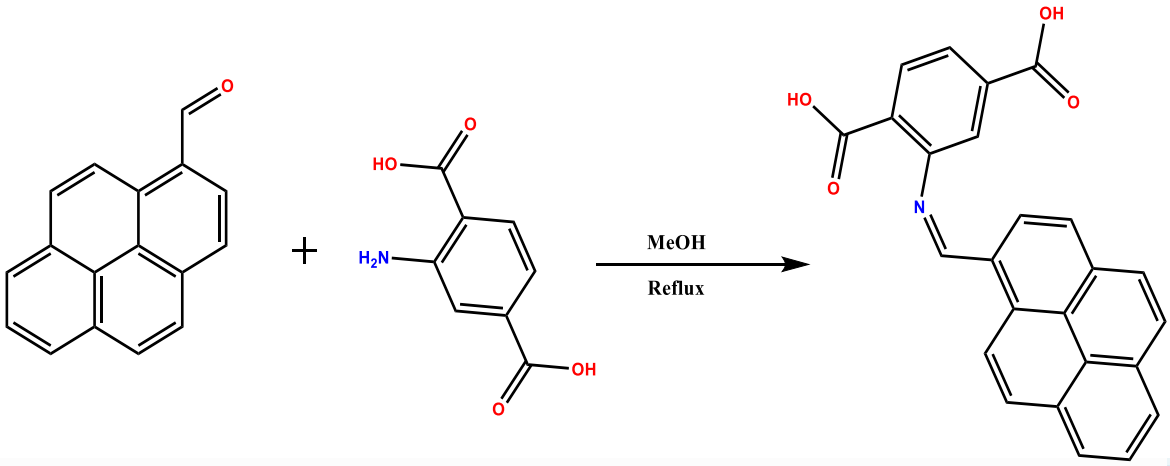


Figure 1 Synthesis scheme of compound A.

RESULTS AND DISCUSSION

Structural characterization of the synthesized compound was performed using spectroscopic methods such as UV-*vis* and FT-IR analysis. The spectroscopic results obtained within the scope of the analysis studies met the expectations about the compound and confirmed the structure.

FT-IR spectrum of compound A

In the **FT-IR** spectrum, the vibrational band of the azomethine ν(-C=N-) group of the Schiff base is 1679 cm^{-1}, the vibrational band ν(-C=O) of the carbonyl group is 1694 cm^{-1}, the ν(-C-C) vibrational band of the aromatic structures is 1679 cm^{-1}. The vibrational band of =C-) groups is 1470- 1490 cm^{-1}, and the weak band at 1929 cm^{-1}, 1570-1590 cm^{-1} contains aromatic ν(-C=C-) stretching vibrations of the pyrene rings. The vibrational band of the ν(-O-H) group of the amine compound is seen at 3000–1540 cm^{-1} (**Fig.2**).

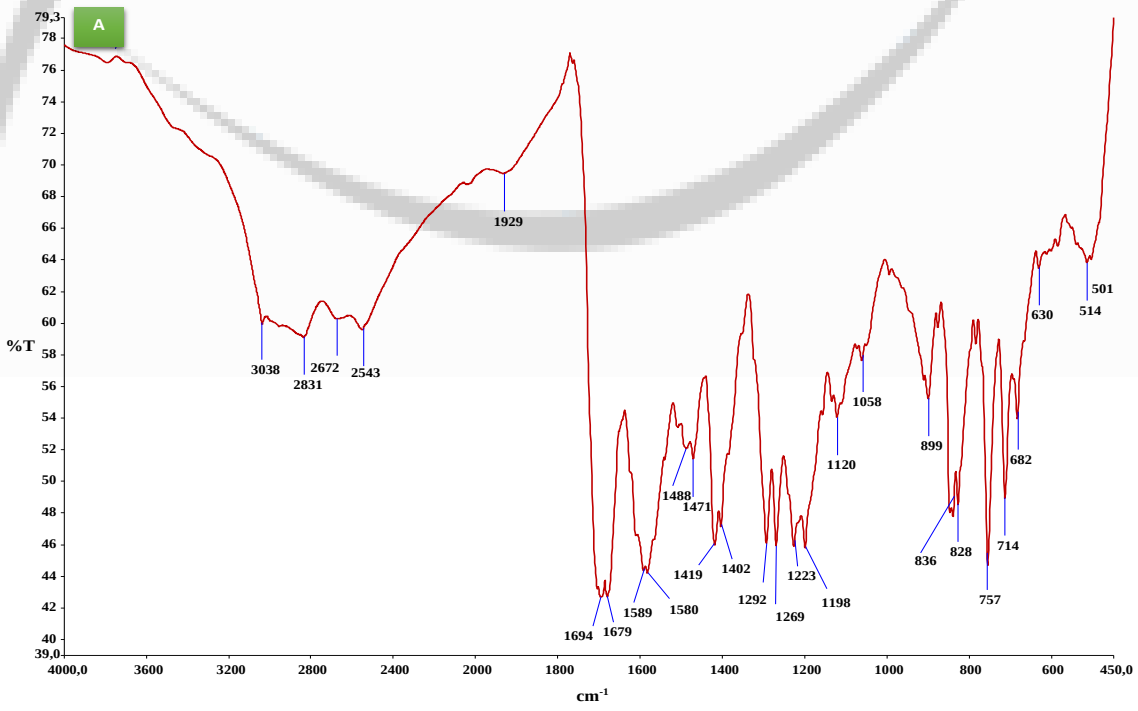


Figure 2 FT-IR spectrum of compound A.

UV-*vis*. spectrum of compound A

In the **UV-*vis*** spectrum, the band seen at 235 nm represents aromatic π-π* transitions and the band seen at 280 nm represents n-π* transitions. Also, the broad absorption band seen at 375 nm can be attributed to the intramolecular charge transfer of the pyrene ring. The UV-vis spectrum of compound **A** in DMSO is given in (**Fig.3)**.

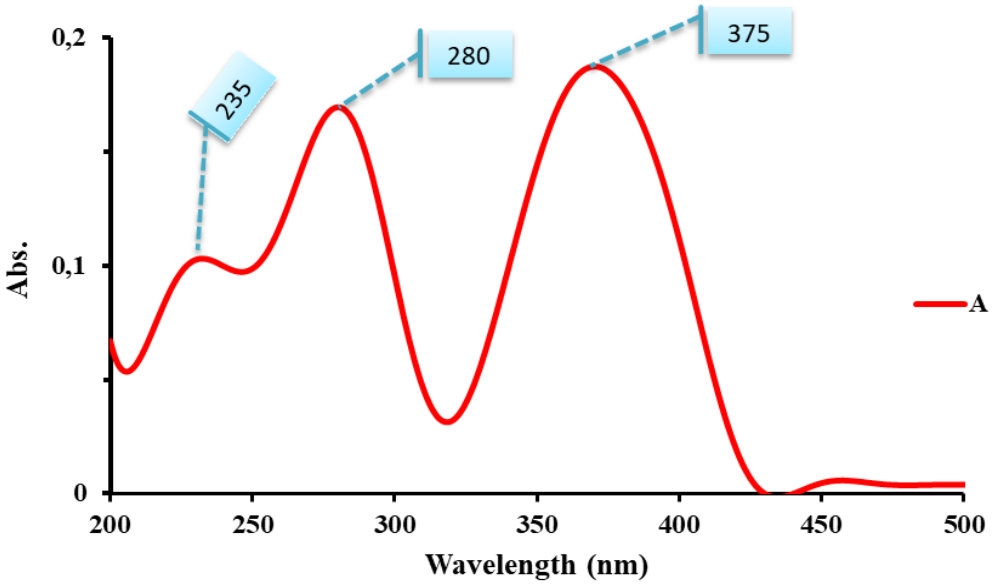


Figure 3 UV-vis spectrum of compound A.

Photoluminescence spectrum of compound A

Excitation was carried out with the wavelengths of the UV-vis absorbance values of the synthesized compound A within the scope of the study. The obtained excitation and emission spectrum graph is shown in (**Fig.4**).

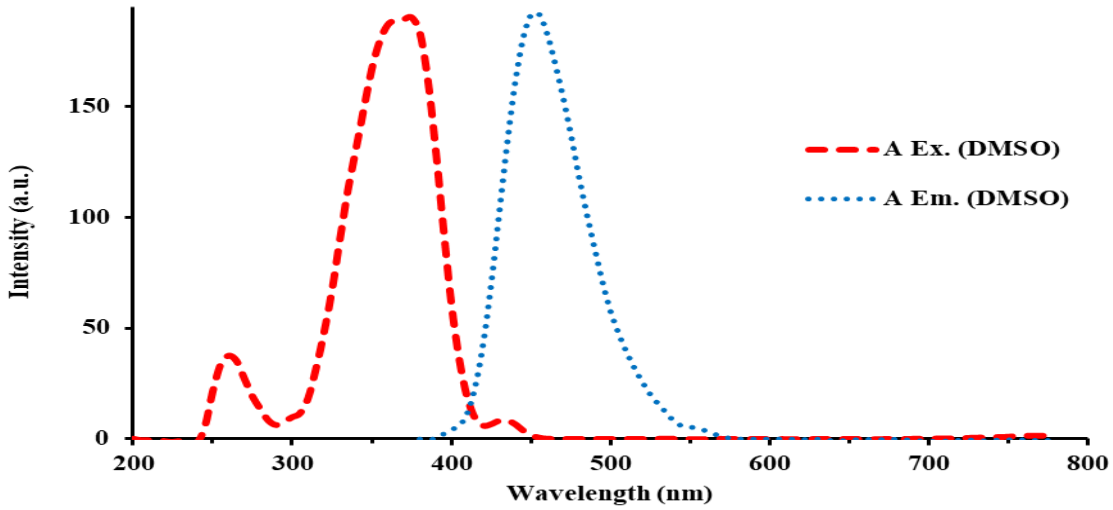


Figure 4 Excitation and emission spectrum of compound **A**.

The ligand exhibited an emission band at 355 nm with a Stokes shift of 120 nm (**Table 1**) versus the absorbance band of π-π* transitions at a wavelength of 235 nm. It showed an emission band

at 450 nm with a Stokes shift of 170 nm (**Table 1**), versus the absorbance band showing n-π* transitions at 280 nm.

Table 1 Absorption and photoluminescence data of compound A.

Compound	λ_{max}, nm		
	Absorption	Emission	Stokes shift
A	235, 280	355, 450	120, 170

Chemosensory properties of compound A

When the metal solution with the same concentration is added to the solution of the compound, which is dissolved in DMSO and has a concentration of 10^{-5} M, with a 1/1 ratio and homogeneous distribution, the quenching eujffect of Fe^{3+} ion in long and short wavelengths is observed, while the sensor effect of other metals is not observed. In addition, a weak selective sensor with green color was exhibited against Al^{3+} ion under short wavelength light. While no selective color change was observed in the presence of both ligand and metal ions under daylight, Fe^{3+} ion differed with rust color. In the presence of **Mn^{2+}**, **Co^{2+}**, **Zn^{2+}**, **Pb^{2+}**, **Hg^{2+}**, **Ni^{2+}** and **Cu^{2+}** ions, the emission intensity of the same color as the ligand is increased, while the dark blue emission light of the ligand turns from blue to purple in the presence of Fe^{3+} ion. has spread. The dark blue emission of the ligand emitted a weak selective emission light that turned green in the presence of Al^{3+} ion. Under the long wavelength light source, the dark blue emission intensity of the ligand was increased except for the Fe^{3+} ion. In the presence of Fe^{3+} ion, the quenching effect was observed by reducing the intensity of the current emission (**Fig.5**).

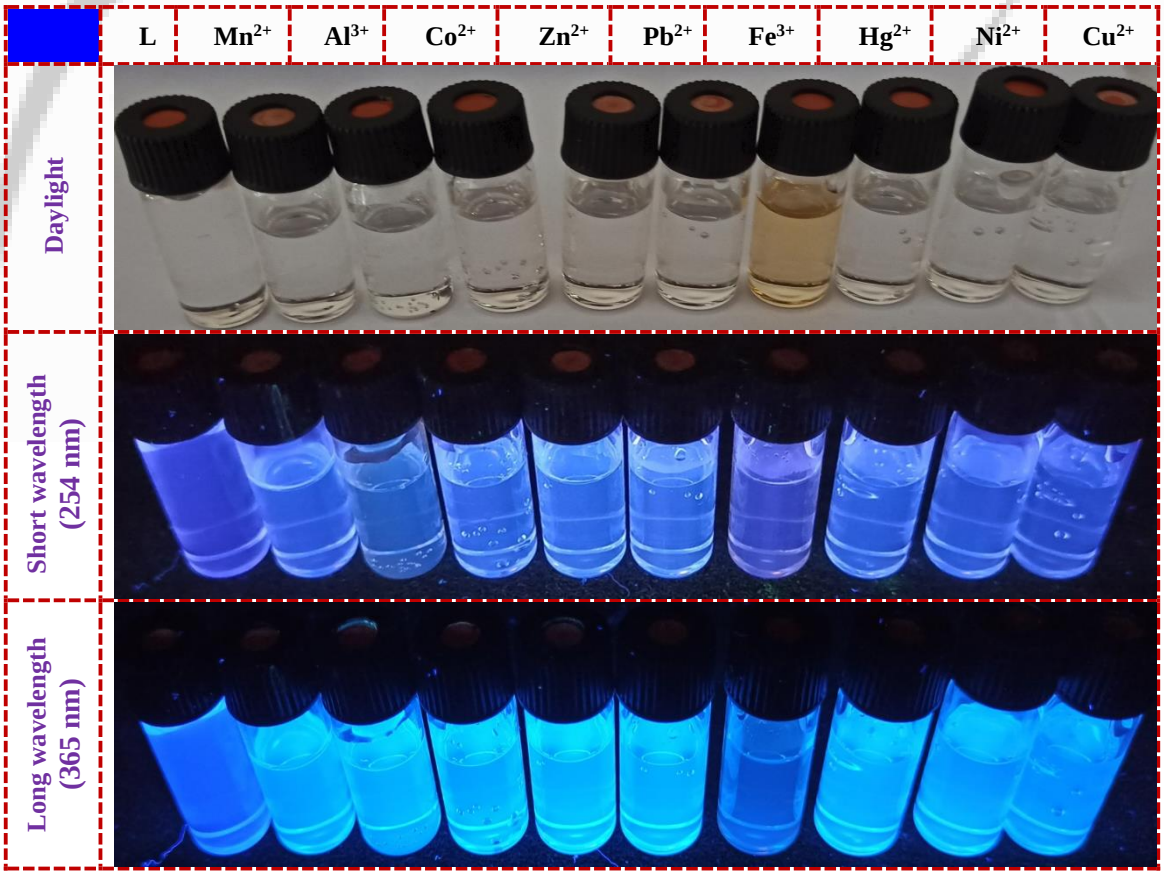


Figure 5 Sensor properties (10^{-5}M) in the presence of metal ions (**Mn^{2+}**, **Al^{3+}**, **Co^{2+}**, **Zn^{2+}**, **Pb^{2+}**, **Fe^{3+}**, **Hg^{2+}**, **Ni^{2+}** ve **Cu^{2+}**) of compound A dissolved in DMSO.

Color properties of compound A

The color of the emission formed by emitting the light absorbed by the materials in the interaction with the light can be measured using different systems. the method introduced by the CIE in 1931 is generally known as the standard method for measuring color. In colorimeters with the CIE system, the radiation source is a xenon arc lamp. The desired illuminator can be created by including some auxiliary apparatuses in this lamp. If this created light source is interacted with the substance to be tested, the rays reflected from the substance pass through three different filters called X, Y and Z filters, namely red, green and blue, before reaching the detector. The color of a substance with known x and y values obtained can be found from the CIE color table. According to the calculated values, it is reported that all colors are limited to a spectral area directly proportional to the visual angle of the eye in the chromaticity diagram. mentioned values define a color in CIE XYZ space [Westland, 2003]. The color values of the compound were calculated with the CIE (1931) chromaticity coordinates software using the measured photoluminescence values. The International Commission on Illumination (CIE) proposes various values to measure the color of light emitted from any substance [Broadbent, 2004]. These parameters include the color coordinates (x, y) of the radiation and the luminous efficiency (LER). LER; It is defined as the ratio of the luminous flux to the input electrical power. It is measured in lumens/watt [Gondia & Sharma, 2017]. The CIE chromaticity diagram of the compound is given in **Fig.6** and the CIE parameters are given in **Table 2**.

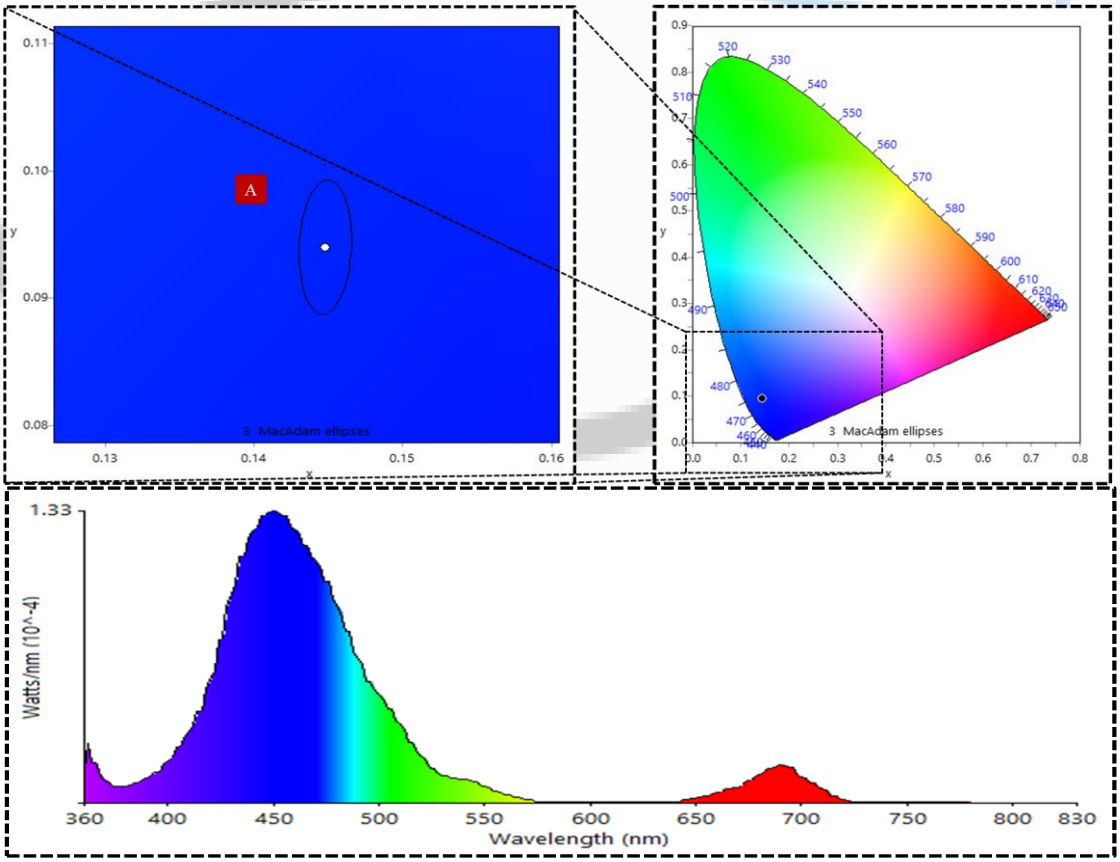


Figure 6 CIE chromaticity diagram of compound **A**.

When the CIE factors of Compound A were examined, it was determined that it was in the range of x=(0.1448) and y= (0.0940) and these values were in the blue region.

Table 2 CIE parameters of compound **A**.

Compound	x	y
A	0.1448	0.0940

CONCLUSION

A new fluorescent Schiff base compound containing pyrene ring and (-C=N-) azomethine bond was synthesized by the method in accordance with the literature. The structure of the compound was elucidated by FT-IR spectroscopy methods. According to the FT-IR data, the vibrational band of the azomethine ν(-C=N-) group, which is the specific bond of the Schiff base, is seen at 1679 cm^{-1}. In addition, the vibrational band ν(-C=O) of the carbonyl group on the amine structure of the synthesized compound is located at 1694 cm^{-1}. When the CIE factors calculated using the emission values of Compound A were examined, it was determined that the emission of Compound A was in the blue region. The chemosensory property of compound A synthesized within the scope of the study against metal ions such as **Mn^{2+}**, **Al^{3+}**, **Co^{2+}**, **Zn^{2+}**, **Pb^{2+}**, **Fe^{3+}**, **Hg^{2+}**, **Ni^{2+}** and **Cu^{2+}** in solution was investigated. By mixing 1/1 ratio of ligand and metal ion solutions homogeneously, changes in colors were observed under daylight, short wavelength (254 nm) and long wavelength (365 nm) light sources. In order to determine the chemosensory properties, studies were carried out in DMSO solvent with a concentration of 10^{-5} M. While the quenching effect of **Fe^{3+}** ion was observed at long and short wavelengths, a weak selective sensor property with green color was observed against **Al^{3+}** ion under short wavelength light source. It is evaluated that a new type of Schiff base compound containing a synthesized pyrene ring can be used as a sensor against **Al^{3+}** metal at certain concentrations.

REFERENCES

[**1**] Liao, Y., Li, Q., Wang, N., & Shao, S. (2015). Development of a new electrochemical sensor for determination of Hg (II) based on Bis (indolyl) methane/Mesoporous carbon nanofiber/Nafion/glassy carbon electrode. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *215*, 592-597.

[**2**] Wong, E. L., Chow, E., & Gooding, J. J. (2007). The electrochemical detection of cadmium using surface-immobilized DNA. *Electrochemistry communications*, *9*(4), 845-849.

[**3**] Quang, D. T., & Kim, J. S. (2010). Fluoro-and chromogenic chemodosimeters for heavy metal ion detection in solution and biospecimens. *Chemical reviews*, *110*(10), 6280-6301.

[**4**] Renzoni, A., Zino, F., & Franchi, E. (1998). Mercury levels along the food chain and risk for exposed populations. *Environmental Research*, *77*(2), 68-72.

[**5**] Leopold, K., Foulkes, M., & Worsfold, P. J. (2009). Preconcentration techniques for the determination of mercury species in natural waters. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *28*(4), 426-435.

[**6**] Vil'pan, Y. A., Grinshtein, I. L., Akatov, A. A., & Gucer, S. (2005). Direct atomic absorption determination of mercury in drinking water and urine using a two-step electrothermal atomizer. *Journal of Analytical Chemistry*, *60*(1), 38-44.

[**7**] Angupillai, S., Hwang, J. Y., Lee, J. Y., Rao, B. A., & Son, Y. A. (2015). Efficient rhodamine-thiosemicarbazide-based colorimetric/fluorescent 'turn-on'chemodosimeters for the detection of Hg^{2+} in aqueous samples. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *214*, 101-110.

[**8**] Cheng, H., & Hu, Y. (2012). Understanding the paradox of mercury pollution in China: high concentrations in environmental matrix yet low levels in fish on the market.

[**9**] Chemate, S., & Sekar, N. (2015). A new rhodamine based OFF–ON fluorescent chemosensors for selective detection of Hg^{2+} and Al3+ in aqueous media. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *220*, 1196-1204.

[**10**] da Silveira, V. C., Luz, J. S., Oliveira, C. C., Graziani, I., Ciriolo, M. R., & da Costa Ferreira, A. M. (2008). Double-strand DNA cleavage induced by oxindole-Schiff base copper (II) complexes with potential antitumor activity. *Journal of inorganic biochemistry*, *102*(5-6), 1090-1103.

[**11**] Li, Y., & Yang, Z. Y. (2009). DNA binding affinity and antioxidative activity of copper (II) and zinc (II) complexes with a novel hesperetin Schiff base ligand. *Inorganica Chimica Acta*, *362*(13), 4823-4831.

[**12**] Cozzi, P. G. (2004). Metal–Salen Schiff base complexes in catalysis: practical aspects. *Chemical Society Reviews*, *33*(7), 410-421.

[**13**] Issaadi, S., Douadi, T., Zouaoui, A., Chafaa, S., Khan, M. A., & Bouet, G. (2011). Novel thiophene symmetrical Schiff base compounds as corrosion inhibitor for mild steel in acidic media. *Corrosion Science*, *53*(4), 1484-1488.

[**14**] Yang, L., Zhu, W., Fang, M., Zhang, Q., & Li, C. (2013). A new carbazole-based Schiff-base as fluorescent chemosensor for selective detection of Fe3+ and Cu2+. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *109*, 186-192.

[**15**] Gupta, V. K., Singh, A. K., & Kumawat, L. K. (2014). Thiazole Schiff base turn-on fluorescent chemosensor for Al3+ ion. *Sensors and Actuators B: Chemical*, *195*, 98-108.

[**16**] Azadbakht, R., Almasi, T., Keypour, H., & Rezaeivala, M. (2013). A new asymmetric Schiff base system as fluorescent chemosensor for Al^{3+} ion. *Inorganic Chemistry Communications*, *33*, 63-67.

[**17**] Roy, N., Dutta, A., Mondal, P., Paul, P. C., & Singh, T. S. (2015). A new turn-on fluorescent chemosensor based on sensitive Schiff base for Mn2+ ion. *Journal of Luminescence*, *165*, 167-173.

[**18**] Chen, H., Guan, R., Cao, D., Liu, Z., Sun, Y., Ma, L., ... & Shan, Y. (2014). Two fluorescence turn-on Schiff′ s base chemosensors for Cu2+ ions. *Materials Letters*, *122*, 70-73.

[**19**] Silva, A. P., NimaláGunaratne, H. Q., MarkáLynch, P. L., Glenn, E. M., & SamankumaraáSandanayake, K. R. A. (1992). Molecular fluorescent signalling with 'fluor–spacer–receptor'systems: approaches to sensing and switching devices via supramolecular photophysics. *Chemical Society Reviews*, *21*(3), 187-195.

[**20**] Spichiger-Keller, U. E. (2008). *Chemical sensors and biosensors for medical and biological applications*. John Wiley & Sons.

[**21**] Oztekin, Y., Yazicigil, Z., Ramanaviciene, A., & Ramanavicius, A. (2011). Square wave voltammetry based on determination of copper (II) ions by polyluteolin-and polykaempferol-modified electrodes. *Talanta*, *85*(2), 1020-1027.

[**22**] Liu, Y., Liang, P., & Guo, L. (2005). Nanometer titanium dioxide immobilized on silica gel as sorbent for preconcentration of metal ions prior to their determination by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. *Talanta*, *68*(1), 25-30.

[**23**] Gonzales, A. P. S., Firmino, M. A., Nomura, C. S., Rocha, F. R. P., Oliveira, P. V. D., & Gaubeur, I. (2009). Peat as a natural solid-phase for copper preconcentration and determination in a multicommuted flow system coupled to flame atomic absorption spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, *636*(2), 198-204.

[**24**] Becker, J. S., Matusch, A., Depboylu, C., Dobrowolska, J., & Zoriy, M. V. (2007). Quantitative imaging of selenium, copper, and zinc in thin sections of biological tissues (Slugs− Genus Arion) measured by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. *Analytical chemistry*, *79*(16), 6074-6080.

[**25**] Varnes, A. W., Dodson, R. B., & Wehry, E. L. (1972). Interactions of transition-metal ions with photoexcited states of flavines. Fluorescence quenching studies. *Journal of the American Chemical Society*, *94*(3), 946-950.

[**26**] Turel, M., Duerkop, A., Yegorova, A., Scripinets, Y., Lobnik, A., & Samec, N. (2009). Detection of nanomolar concentrations of copper (II) with a Tb-quinoline-2-one probe using luminescence quenching or luminescence decay time. *Analytica chimica acta*, *644*(1-2), 53-60.

[**27**] Khatua, S., Choi, S. H., Lee, J., Huh, J. O., Do, Y., & Churchill, D. G. (2009). Highly selective fluorescence detection of Cu2+ in water by chiral dimeric Zn2+ complexes through direct displacement. *Inorganic chemistry*, *48*(5), 1799-1801.

[**28**] Westland, S. (2003). Review of the CIE system of colorimetry and its use in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *15*, S5-S12.

[**29**] Broadbent, A. D. (2004). A critical review of the development of the CIE1931 RGB color-matching functions. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*, *29*(4), 267-272.

[**30**] Gondia, N. K., & Sharma, S. K. (2017). Quantum yield and photometric parameters of some transition metal ion schiff base complexes. *Optical and Quantum Electronics*, *49*(9), 1-12.

Presentation ID / Sunum No: 80

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-5024-2495, 0000-0001-8031-2415, 0000-0001-9450- 2770

Alkali Alüminyum Aşındırma Çözeltilerinde Farklı Kimyasal Katkıların Etkisinin İncelenmesi

Araştırmacı Barış Akın[1-3], Doç.Dr. Esra Altıntığ1-[2], Araştırmacı Görkem Özçelik[3]
[1]Sakarya Üniversite, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Bölümü, Sakarya
[2]Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Pamukova Meslek Yüksek Okulu,
[3]ASAŞ Alüminyum Sanayi Ve Ticaret A.Ş., Sakarya, Türkiye

*Corresponding Author: Barış AKIN

Özet: *Alüminyum ekstrüzyon sektöründe artan profil ihtiyacı, üretim döngü sürelerini kısaltmak için bir baskı unsuru oluşturmaktadır. Alüminyum ekstrüzyonların üretiminde özel geometriye sahip çelik kalıplar kullanılmaktadır. Alüminyum alaşımları ekstrüzyon işleminden sonra kalıbın içinde kalması ve üretimde tekrardan kalıbın kullanılabilmesi için kalıplarda kalan fazla alüminyum artıklarının temizlenmesi gerekir. Temizleme işlemi için en çok tercih edilen çözeltiler alkali içerikli olup, kalıp temizleme prosesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sunulan bu çalışmada, kalıp içinde kalan artık alüminyumu aşındırma işleminin laboratuvar şartlarında denemelerinde 6XXX serisi alüminyum alaşımlarından hazırlanan test numuneleri kullanılmıştır. Deney düzeneğinde sabit sıcaklık, süre ve konsantrasyon parametreleri belirlenerek farklı kimyasal katkı maddelerin eklenmesi ile kalıp aşındırma çözeltilerinin alüminyumun çözünme hızına etkilerinin kimyasal analiz, pH ve iletkenlik yönünden alüminyumu aşındırma performansına etkileri incelenmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Alüminyum, Aşındırma, Sodyum Hidroksit*

Investigation of the Effect of Different Chemical Additives in Alkaline Aluminum Etching Solutions

Abstract*: The increasing need for profiles in the aluminium extrusion sector creates a pressure factor in order to shortening the production cycle times. Steel dies with special geometry are used for the production of aluminium extrusions. By the reason of aluminium alloys remain inside die after extrusion process, in order for die to be used in re-extrusion production, the aluminium residue remaining in the die must be cleaned. The sodium hydroxide content solutions are commonly have used for die cleaning process. In this study, test samples prepared from 6XXX series aluminum alloys were used in the laboratory tests of the etching process of for residual aluminum remaining in the die. By determining the constant temperature, time and concentration parameters in the experimental setup, the of the effects of die etching solutions on the dissolution rate of aluminum by adding different chemical additives, and the effects on the etching performance of aluminum in of with chemical analyzes, pH and conductivity were investigated*

Keywords: *Aluminium, Etching, Sodium Hydroxide*

GİRİŞ

Alüminyum ekstrüzyon, plastik deformasyon uygulayarak alüminyum ve alaşımlarından profil üretilmesi için tercih edilen yaygın bir yöntemdir. Alüminyum ekstrüzyon üretimi, geometriye özgün tasarıma sahip ve genellikle çelikten imal edilmiş kalıplar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu kalıplar yaygın solid ya da zıvanalı olarak ifade edilen karmaşık geometride olabilmektedirler. Solid kalıplar daha çok içi dolu rot ya da lama profillerin

üretiminde tercih edilirken; zıvanalı kalıplar ise içinde boşluk bulunan kapalı geometrili profillerin üretiminde tercih edilmektedir.

Alüminyum ekstrüzyon işlemi sırasında kalıp içerisinde yaklaşık 500°C'de proses edilen alüminyum alaşımları üretim çevriminin sonunda kalıp içerisinde kalmaktadır. Bu kalıpların yeniden ekstrüzyon üretiminde kullanılması için kalıplardaki boşluklar içinde kalan artık alüminyumun temizlenmesi gerekmektedir. Genellikle en yaygın kullanılan temizleme yöntemi kostik sulu çözeltisi içinde alüminyum dağlama işlemi yapılmasıdır. Temizlenen kalıplar, tashihat işlemleri sonrasında nitrasyon işlemi yapılarak yeni ekstrüzyon üretimi için hazır hale getirilmiş olur. Bu teknoloji PVD ve CVD yöntemlerine kıyasla daha ekonomik ve daha avantajlı bir yöntemdir (Borowski ve Justyna, 2016:229).

Kalıpların temizlenmesi işlemi kapalı ve ultasonik karıştırmalı tanklarda, proses olarak genellikle %25 konsantrasyonda NaOH ile 80°C'de operasyon yapılmaktadır. Alüminyum sodyum hidroksit reaksiyonu sırasında çözelti içerisinde yüksek oranda sodyum alüminat oluşurken, bu reaksiyonun dönüşümlü olarak alüminyum hidroksit kristalleri halinde çökelme eğilimi göstermektedir. (Li vd, 2009). Aşırı doymuş haldeki sodyum alüminat çözeltilerinde bazı yöntemler kullanarak gibsit $Al(OH)_3$ çökelme reaksiyonun iyileştirildiğinden bahsetmektedir (Zhang, 2008). Alüminyumun sodyum hidroksit ile reaksiyonu incelendiğinde aşağıda ki gibi denge reaksiyonu gözlemlenir;

$$2Al + 2NaOH + 6H2O \rightarrow 2NaAl(OH)4 + 3H2 \qquad (1)$$

Literatür incelemelerine bakıldığına, alüminyum ürünlerinin sodyum hidroksit banyolarında işlem gördükten sonrasında sodyum alüminatı hidrolize edilebilmesi sodyum alüminatı çökeltme işlemini hızlandıracak ajanlar kullanılarak sodyum hidroksitin geri kazanılması sağlanmıştır. Çöktürme işlemi için kalsiyum hidroksit (sulu kireç) , hidrojen peroksit, hidrojen peroksit/kalsiyum hidroksit karışımı ve kalsiyum oksit (kuru kireç) kullanılmıştır. Sodyum hidroksitin geri kazanılmasında en etkin yöntemin 100 g/L kalsiyum oksitin 60 °C'de, 30 dakika muamelesi ile %96 verim ile sodyum hidroksitin geri kazanılmıştır. Bu verimleri sırası ile %90 oranında H2O2/Ca(OH)2 karışımı, sonrasında %83 H2O2 ,en düşük geri kazanım veriminin ise Ca(OH)2 kullanımda olduğu fakat H2O2 kullanımında pH<12 sodyum alüminat molekülünde ki anyon grubu ayrılarak alüminyum hidroksit olarak çökelmesine ve sodyum hidroksitin çözelti içerisinde tekrardan oluşmasında etkin olduğu (Barakat vd., 2009), (Watts vd., 1956) yaptıkları çalışmada, alüminyum içerikli alkali çözeltilerde kompleks ajan olarak sodyum glukonatın volumetrik analizleri incelenmiştir. Çözeltide alüminyum miktarı potasyum florid eklenmesi ile alüminyum başına üç mol eş değer serbest hidroksit titre edilerek volumetrik olarak hesaplanması ve daha sonrasında alüminyumun sodyum glukonat ile kompleks reaksiyonu vererek alüminyum hidroksit birleşiğine bağlandığı gözlemlenmiştir.

Alüminyumun sodyum hidroksit ile olan reaksiyon kinetiğini ve mekanizmaları incelendiğinde. Çözünmüş alüminyum miktarı UV-spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Alüminyum sodyum hidroksit içerisinde reaksiyonu 2 saat süre, sıcaklık, ortam, oksijen konstrasyonu yönünden değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerde viskozitenin artması çözelti reaksiyonu olumsuz yönde etkilerken, iletkenlik ölçümlerinde OH^- iyonlarının yüksek kalması reaksiyon hızını olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Çözelti performansları 1 M ve 5 M sodyum hidroksit konsantrasyonu ve 15 – 45 °C arasındaki sıcaklık aralığında 0,1 MPa oksijen basıncı altında daha hızlı olduğu ölçümlendiği (Miadokova ve Molnárová, 1985) yayınladıkları makalede ortaya koymuşlardır. (Zhang, vd., 2009) aşırı doymuş sodyum alüminat çözeltilerinde alüminyum hidroksit taneciklerin çökelmesine yönelik çalışmalarda, çözelti içine alkol katılması ve polietilenglikol eklenerek oluşan çamur filtre edilip yıkandıktan sonrasında oluşan ayrışma reaksiyonun sonuçları ortaya konulmuş ve alkolün çözücü davranışı ile Tween 80 ile PEG 200

eklenmesi güçlü bir aglomerasyon yapısı oluştuğunu gözlemlemişlerdir. (Zhao, vd. 2005) yaptıkları çalışmada sodyum alüminat çözeltilerine eklenen çeşitli yüzey aktif maddelerin, çökelme hızı alüminyum hidroksit yoğunluğu ve parçacık boyutunu arttırdığı ve burada kritik misel konsantrasyonlarının önemli olduğu burada eklenen katkı maddelerinin ürünün viskozite değerini düşürse bile, yoğunluğunu ve partikül boyutunu arttırmakta ve iyonik olmayan yüzey aktif maddelerin çözelti iletkenliklerine çok büyük etkisi olmadığı gözlemlenmiştir.

Sunulan çalışmada, akademik literatürün yukarıda aktarılan noktalarındaki gelişmelere katkı sunularak, sodyum hidroksit esaslı alüminyum aşındırma çözeltilerinde sabit konsantrasyon, süre ve sıcaklıklarda, farklı katkıların kalıp temizleme prosesine etkileri incelenmiştir.

METARYAL VE METOT

Bu çalışmada kullanılan tüm kimyasallar, alüminyum parçalar ve ölçüm ekipmanları ASAŞ Alüminyum San. ve Tic. A.Ş. tarafından sağlanmıştır. %48 'lik sodyum hidroksit, %98'lik sülfirik asit, %50'lik potasyum florür, Fenolftalein, Merck (Germany) şirketinden alınmıştır. Şelatlama ajanı ve oksidatif ajanlar Merck (Germany) şirketinden temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıkta olup, tekrar bir saflaştırma işlemine tabi tutulmamıştır. Deneysel çalışmalarda, Precisa (model no: LS220A) marka analitik terazi, Stuart (model: SB162-3) magnetik karıştırıcı ve ısıtıcı, baget tipi termometre (Isolab), otomatik şeffaf musluklu büret (Isolab), pH metre Inolab_IDS (model no: Multi 9420) kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan alüminyum bloklar 6XXX serisi olup, bileşimi ağırlıkça % 0,45 Si, % 0,303 Fe, % 0,04 Mn, % 0,38 Mg, % 0,02 Cu, % 0,01 Ti, % 0,01 Cr, % 0,021 Zn içeren alüminyum alaşımlar tercih edilmiştir. Alüminyum parçalar ortalama ağırlıkça 100 gr olarak hazırlanmış ve Şekil 2.1'de alüminyum parça gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Alüminyum Parça

2.1. Deney Parametreleri

Deneysel çalışmalar ısıtıcı ve manyetik karıştırıcı özellikli cihaz tercih edilmiş olup, reaksiyon sırasında ısı takibi termometre kullanılarak sağlanmıştır. Şekil 2.2.'de deney düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Deney Düzeneği

Çalışmada sodyum hidroksit esaslı çözeltilere eklenen katkı maddeleri ile hazırlanmış yeni çözelti içerikleri aşağıda ki gibidir;

TİP 1; 7 M Sodyum Hidroksit

TİP 2; 7 M Sodyum Hidroksit + %1 Şelatlama Ajanı

TİP 3; 7 M Sodyum Hidroksit + %1,5 Oksidatif Ajan

Alüminyum parçalar 120 dakika, 80 °C 'de işlem görmüş ve titrasyon yöntemi ile serbest NaOH ve Al miktarı, pH ve iletkenlik ölçümleri ile alüminyum da çözünme kaynaklı oluşan ağırlık kayıpları ölçümleri yapılmıştır.

2.2. Titrasyon

Titrasyon analizleri, serbest NaOH ve çözünmüş metalik alüminyumu g/lt birimden hesaplamak için kullanıldı. Titrasyon yönteminde titrant olarak 1 N H_2SO_4, indikatör olarak fenolftalein ve %50 KF kullanıldı. FF eklenmiş çözelti 1 N H_2SO_4 ile titre edilip sarfiyat (V_1) olarak kayıt edildi. Titre edilen çözelti üzerine 1 ml % 50 KF çözeltisi eklendi ve çözelti tekrar 1 N H_2SO_4 ile renk dönüm noktasına kadar titre edildi. Burada harcanan ikinci sarfiyat (V_2) olarak kayıt edildi. Kayıt edilen V_2 sarfiyatı çözelti içerisinde çözünen alüminyum miktarını (g/lt) verir.

$$\text{NaOH g/lt} = \left(V_1 - \frac{V_2}{3}\right) \times 0{,}042 \times 100 \qquad (2)$$

Her bir deney için 15 dakikalık bölümlerde Şekil 2.3'de titrasyon yöntemi ile serbest NaOH ve çözünmüş alüminyum analizleri yapıldı.



Şekil 2.3. Titrasyon Yöntemi

BULGULAR

3.1. Tip-1 Çözeltisi Titrasyon ve pH-İletkenlik Ölçümleri

7 M olarak hazırlanmış sodyum hidroksit çözeltisinin, gerekli deney parametreleri kullanılarak 15 dakikalık periyotlar halinde alınan numunelerde yapılan titrasyon ölçüm değerleri ve alüminyum parça ağırlık tartım sonuçları Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Tip-1 Çözeltisi Titrasyon Sonuçları

Zaman [dk]	Serbest NaOH [g/lt]	Serbest Alüminyum[g/lt]	Parça Alüminyum [g]
0	310,8	0	95,6231
15	301,42	25	87,2319
30	295,4	44	81,5397
45	289,8	66	74,5695
60	288,4	85	71,751
75	284,76	100	67,7308

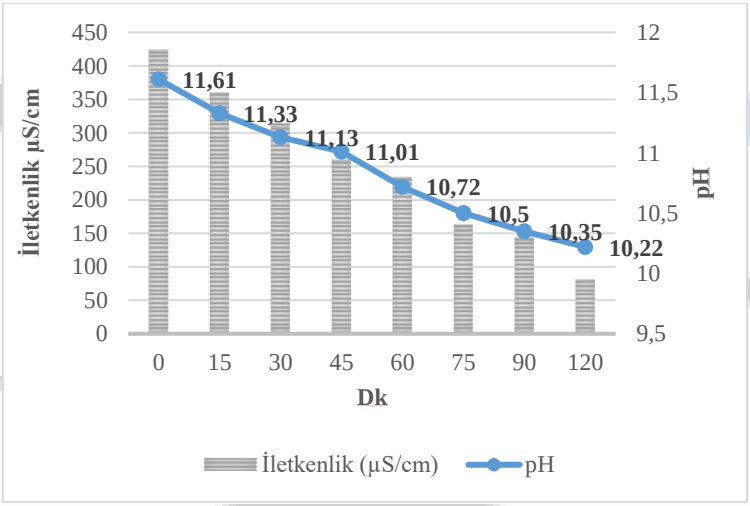
Zaman [dk]	Serbest NaOH [g/lt]	Serbest Alüminyum[g/lt]	Parça Alüminyum [g]
90	280,14	120	63,8138
120	271,6	157	58,9364

Deneyler sırasında Tip-1 çözeltisi için pH-iletkenlik ölçümleri Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Tip-1 pH-İletkenlik Ölçümleri

Zaman [dk]	İletkenlik [µS/cm]	pH
0	425	11,61
15	360	11,33
30	314	11,13
45	260	11,01
60	234	10,72
75	163	10,5
90	144	10,35
120	81	10,22

Alüminyum çözünme işlemi sırasında ortam pH'sı ve iletkenlik arasında ki ilişkinin kurulması amaçlanmıştır. Bu durumu gösteren durum Grafik 3.1'de verilmiştir.



Grafik 3.1. Tip-1 pH-İletkenlik Denge Grafiği

3.2. Tip-2 Çözeltisi Titrasyon ve pH-İletkenlik Ölçümleri

7 M ve şelatlama ajanı olarak hazırlanmış sodyum hidroksit çözeltisinin, gerekli deney parametreleri kullanılarak 15 dakikalık periyotlar halinde alınan numunelerde yapılan titrasyon ölçüm değerleri ve alüminyum parça ağırlık tartım sonuçları Tablo 3.3'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Tip-2 Çözeltisi Titrasyon Sonuçları

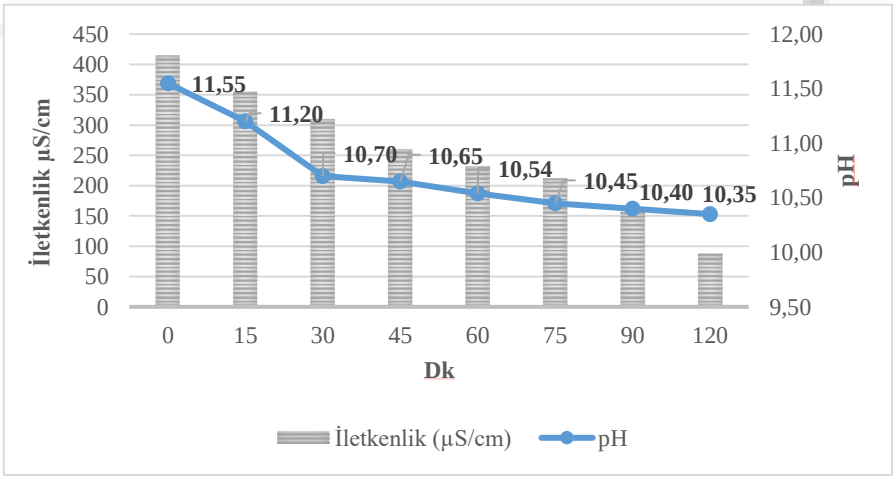
Zaman [dk]	Serbest NaOH [g/lt]	Serbest Alüminyum[g/lt]	Parça Alüminyum [g]
0	310,8	0	101,60
15	303,1	22	93,33
30	296,8	40	88,33
45	294,56	62	83,35
60	290,5	82	77,61
75	284,2	91	72,10
90	280	109	68,54
120	273	141	64,55

Deneyler sırasında ip-2 çözeltisi için pH-iletkenlik ölçümleri Tablo 3.4'de gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Tip-2 pH-İletkenlik Ölçümleri

Zaman [dk]	İletkenlik [µS/cm]	pH
0	425	11,61
15	360	11,33
30	314	11,13
45	260	11,01
60	234	10,72
75	163	10,5
90	144	10,35
120	81	10,22

Alüminyum çözünme işlemi sırasında ortam pH'sı ve iletkenlik arasında ki ilişkinin kurulması amaçlanmıştır. Bu durumu gösteren durum Grafik 3.2'de verilmiştir.



Grafik 3.2. Tip-2 pH-İletkenlik Denge Grafiği

3.3. Tip-3 Çözeltisi Titrasyon ve pH-İletkenlik Ölçümleri

7 M ve şelatlama ajanı olarak hazırlanmış sodyum hidroksit çözeltisinin, gerekli deney parametreleri kullanılarak 15 dakikalık periyotlar halinde alınan numunelerde yapılan titrasyon ölçüm değerleri ve alüminyum parça ağırlık tartım sonuçları Tablo 3.5'de gösterilmiştir

Tablo 3.5. Tip-3 Çözeltisi Titrasyon Sonuçları

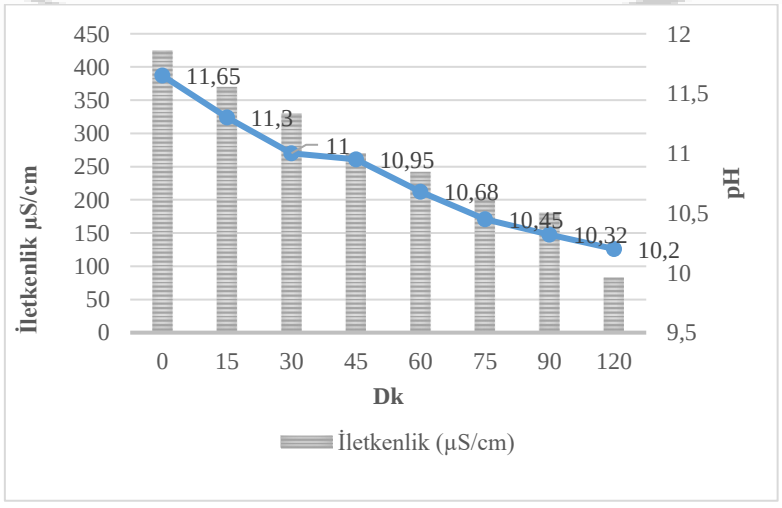
Zaman [dk]	Serbest NaOH [g/lt]	Serbest Alüminyum[g/lt]	Parça Alüminyum [g]
0	310,8	0	96,08
15	301	22	86,85
30	296,8	40	80,9719
45	293,86	64	76,0535
60	290,08	85	71,0535
75	286,3	94	68,0535
90	281,4	111	63,0629
120	274,4	143	58,15

Deneyler sırasında Tip-3 çözeltisi için pH-iletkenlik ölçümleri Tablo 3.6'de gösterilmiştir

Tablo 3.6. Tip-3 pH-İletkenlik Ölçümleri

Zaman [dk]	İletkenlik [µS/cm]	pH
0	425	11,65
15	370	11,3
30	330	11
45	270	10,95
60	242	10,68
75	203	10,45
90	181	10,32
120	83	10,2

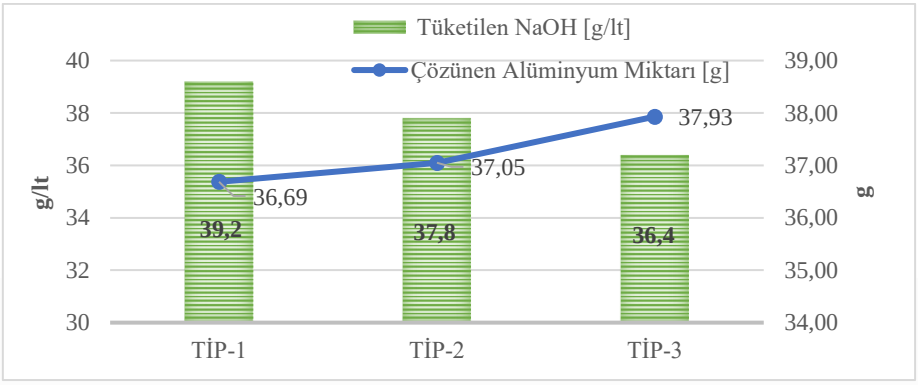
Alüminyum çözünme işlemi sırasında ortam pH'sı ve iletkenlik arasında ki ilişkinin kurulması amaçlanmıştır. Bu durumu gösteren durum Grafik 3.3'de verilmiştir.



Grafik 3.3. Tip-3 pH-İletkenlik Denge Grafiği

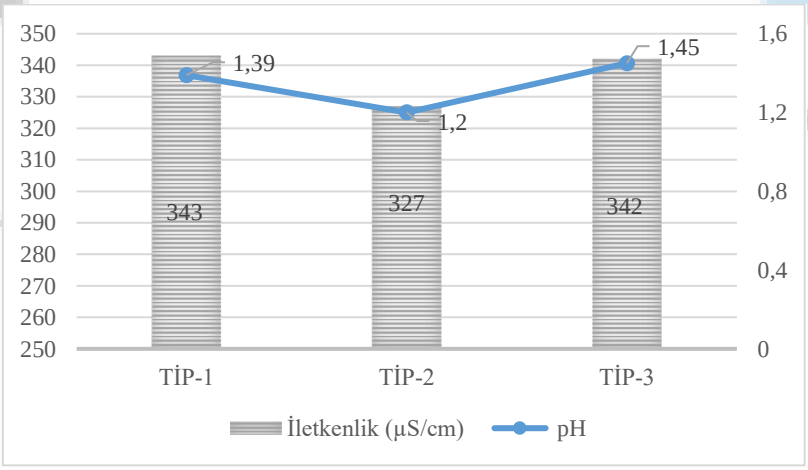
3.4. Karşılaştırmalı Titrasyon ve pH-İletkenlik Ölçümleri

Alüminyum aşındırma işlemi tamamlanması ile alüminyum parçada ağırlıkça kayıp başına sarf edilen sodyum hidroksit miktarı incelenmiş ve çözelti tipleri arasında karşılaştırma Grafik 3.4'de verilmiştir.



Grafik 3.4. NaOH – Al Çözelti Denge Grafiği

Aşındırma işlemi sırasında çözeltilerin başlangıç pH ve iletkenlik değerlerinin reaksiyon bitim süresine kadar olan her 15 dakikalık zaman diliminde ölçümleri yapıldı ve pH-iletkenlik arasında ki çözelti bazında değerlerin karşılaştırmalı hali Grafik 3.5'de verilmiştir.



Grafik 3.5. pH – İletkenlik Çözelti Denge Grafiği

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışma sonucunda, alüminyumun sodyum hidroksit esaslı aşındırma çözeltilerinde gösterdiği tepkime hızları ve reaksiyon verimleri titrasyon yöntemi ile ölçümlenirken, reaksiyon ortamının gerçekleştiği uygun pH ve iletkenlik değerleri arasında ki ilişki karşılaştırmalı olarak ölçümlenmiştir. Tüm ölçümler değerlendirilmiş ve aşağıda yorumlanmıştır;

Aşındırma işlemleri sonrasında çözeltide harcanan sodyum hidroksit miktarı başına en yüksek serbest alüminyum konsantrasyon değeri TİP-1 olarak gözlemlendi

Ph-İletkenlik dengesinin NaOH çözünürlüğüne bağlı olarak tüm tiplerde paralel bir eğilim grafiği göstermiş olup, TİP-3 ürününde NaOH konsantrasyonun daha fazla kaldığı ve bu durumda çözeltinin kullanım ömrünün uzadığı gözlemlendi

Parça alüminyum yönünden ağırlık kayıpları incelendiğinde, reaksiyon sırasında tükenen sodyum hidroksit miktarı başına çözünen alüminyum miktarı kıyaslandığında çözünme hızı en düşük TİP-1, sonra TİP-2 en yüksek TİP- 3 olduğu gözlemlendi

Tüm yapılan ölçümler değerlendirildiğinde, alkali alüminyum aşındırma çözeltilerinin farklı katkılar eklenmesi aşındırma reaksiyon hızını olumlu yönde etkilemekte ve TİP-3 çözeltisinin uzun süreli aşındırma işlemlerinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Barakat, M.A., El-Sheikh, S.M., Farghly F.E., (2005) "Regeneration Of Spent Alkali From Aluminum Washing" Separation and Purification Technology; 46: 214–218.

Borowski, J., Justyna, W., (2016) "The Phenomenon Of Durability Variable Dies For Aluminum Extrusion Profiles." Metalurgija 55 (2): 229-232.

Li, H., Lu, H., Wang, S., Jia, J., (2009) "Preparation Of A Nano-Sized A-Al2O3 Powder From A Supersaturated Sodium Aluminate Solution" Ceram Int 35(2):901–904

Mıadoková, M., Molnárová P. M., (1985) "Kinetics And Mechanism Of The Reaction Of Aluminium İn Aqueous Solution Of Sodium Hydroxide" Department of Physical Chemistry, Faculty of Natural Sciences, Chem. Papers; 39: 229-235.

Watts, H. L., Utley, D. W., Sodium Gluconate As A Complexiag Agent İn The Volumetric Analysis Of Aluminum Compounds, American Chemical Society; 11: 1731–1735, 1956

Zhang B et al (2008) "Effects Of Temperature And İnitial Molar Ratio Of Na2O To Al2O3 On Agglomeration Of Fine Al(OH)3 Seed İn Synthetic Bayer Solution" J Cent South Univ Technol 15(6):786–790

Zhang, Y., Zheng, S., Zhang, Y., Xu, H., Zhang, Y., (2009) "Additives Effects On Crystallization And Morphology İn A Novel Caustic Aluminate Solution Decomposition Process" Frontiers Of Chemical Science And Engineering, 3(1): 88-92.

Zhao, S., Yang, Y., Bi, S., Xie, Y., (2005) "Influence Of Additives On Physico-Chemical Properties Of Sodium Aluminate Solution Using Seed Precipitation İn The Bayer Process" The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection Vol.5, No.2, 1303-0868: 197-20

Presentation ID / Sunum No: 75

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-0287-9173, 0000-0003-4931-8100

Çerezlik Kabak Bitkisinde Yüzey Altı Damla Sulama Sistemleriyle Farklı Sulama Rejimlerinin Bitki Su Kullanımına, Gelişimine ve Verime Etkisi

Araştırmacı Meray Bahçıvan[1], Prof.Dr. Ali Ünlükara[2]
[1]Erciyes Üniveristesi
[2]Erciyes Üniversitesi

*Corresponding author: Ali Ünlükara

Özet: *Bu araştırmada, İç Anadolu Bölgesinde yetiştirilen çerezlik kabak bitkisinde (Cucurbita pepo L.), yüzey altı damla sulama ve damla sulama sistemleri ile uygulanan farklı sulama rejimlerinin çerezlik kabak bitkisine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kayseri'de 2022 yetiştirme döneminde Tesadüf Bloklarında Tesadüf Parseller deneme desenine göre kurulan denemede, yüzey altı damla sulama sistemi ve damla sulama sistemi altında 3 sulama rejimi konusu (%100, %75 ve %50) 3 tekrarlamalı olarak incelenmiştir. Sulama uygulamalarına göre %100, %75 ve %50 konularından sırasıyla 91.4, 65.3 ve 54.1 kg/da tohum verimi elde edilmiştir. Damla sulama sisteminden ortalama 56.8 kg/da tohum verimi alınmasına karşılık yüzey altı damla sulama sisteminden 83.7 kg/da alınmıştır. Yüzey altı damla sulama sistemi bin tane ağılığını da olumlu yönde etkilemiştir ve sulama suyu kullanım etkinliğini artırmıştır. Meyve boyutları ile meyve ağırlığı arasında, meyve boyutları ile tohum ağırlığı arasında, meyve ağırlığı ile meyve tohum verimi arasında ve meyve ağırlığı ile bin tane ağırlığı arasında kuvvetli pozitif ilişkiler saptanmıştır. Meyve boyutları ve meyve ağırlığının artmasıyla meyve tohum verimi ve bin tane ağırlığı da artmıştır. Çerezlik kabak üretiminde yüzey altı damla sulama sistemi kullanımı, su üretkenliğini ve verimi olumlu yönde etkilemiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Yüzey Altı Damla Sulama Sistemi, Sulama Rejimi, Çerezlik Kabak Bitkisi (Cucurbita Pepo L.)*

Effect of Application of Different Irrigation Regimes With Drip and Subsurface Drip Irrigation Systems On Pumpkin Water Use, Growth and Yield

Abstract*: This study aimed to determine the effect of different irrigation water amounts applied with drip and subsurface drip irrigation systems on pumpkins grown in the Middle Anatolian Region. Three irrigation regimes (100%, 75%, and 50%) were investigated in this experiment, which was carried out in 2022 under Kayseri conditions and designed according to randomized blocks with three replications. The irrigation treatments of 100%, 75%, and 50% produced 914, 653, and 541 kg/ha pumpkin seed yields. The subsurface drip irrigation system produced 837 kg/ha seed yield while the drip irrigation system produced 568 kg/ha. The subsurface drip irrigation system also improved 1000-seed weight and irrigation water productivity. Strong positive relationships between fruit sizes and fruit weight, between fruit sizes and fruit seed yield, between fruit weight and fruit seed yield, and between fruit weight and 1000-seed weight were found. Fruit seed yield and 1000-seed weight increased by increasing fruit sizes and their weight. Using a subsurface drip irrigation system for growing pumpkins affected positively irrigation water productivity and pumpkin yield.*

Keywords: *Subsurface Drip İrrigation System, İrrigation Regime, Pumpkin (Cucurbita Pepo L.)*

GİRİŞ

Cucurbitaceae familyası içinde olan kabak bitkisi, meyvesi yenen sebzeler grubunda yer almaktadır (Sunulu ve Yağcıoğlu, 2014). Kabak ve kabak tohumları insan beslenmesinde gerekli olan yağ, protein, karbonhidrat, vitaminler ve mineraller bakımından önemli bir yere sahiptir (Paksoy ve Aydın, 2004).

Kabak tohumları, yağ, E vitamini ve β-sitosterol içeriğine sahip olması sebebiyle, prostat ve idrar yolu hastalıklarının tedavisinde ilaç hammaddesi olarak antik çağlardan bu yana tıpta kullanılagelmiştir (Ghanbari et.al., 2007). Gıda sektöründen kozmetik ve ilaç sektörüne kadar birçok alanda hammadde olarak değerlendirilen bu tohum, sanayi ürünü olmasının yanı sıra çoğunlukla kuruyemiş olarak tüketilmektedir (Yanmaz, 2014). Kabak bitkisi, tarlalar ve seralarda yetiştirilebilir olması nedeniyle dünyada en önemli sebzelerden biri olarak kabul edilir (Kuşlu vd,2014). *Cucurbita pepo'*nun anavatanı Meksika'nın yüksek rakımlı yerleri ve Orta Amerika'nın kuzeyi olduğu bilinmektedir. Çerezlik kabak tohumları ülkemize, Yunanistan'dan Trakya Bölgesine girdiği ve buradaki üreticiler tarafından benimsenerek yetiştiriciliğinin yaygınlaştığı belirtilmiştir (Düzeltir, 2004). Ülkemizde çerezlik kabak tohumu yetiştiriciliğinde çoğunlukla sakız kabağı *(Cucurbita pepo L.)* ve bal kabağı *(Cucurbita moschata)* tohumları kullanılmaktadır. Kabak bitkisi, iyi drenajlı ve organik madde bakımından zengin topraklarda yetişir (Hess vd., 1997). Tarla içi su yönetimi uygulamaları, kurak ve yarı kurak bölgelerde sulu tarımda bitki verimini en çok etkileyen faktördür (Al-Omran vd., 2005). Kabak bitkisinin ihtiyaç duyduğu su miktarının karşılanmaması ya da bu miktarın aşılması halinde önemli verim kayıpları oluşabileceği belirtilmiştir (Amer, 2011). Ülkemizde çerezlik kabak üretim alanı, miktarı ve tüketiminin önemli seviyelere ulaşmasına rağmen yapılan çalışmalar son derece azdır. Çerezlik kabakta verim ve kalitede ortaya konulabilecek küçük iyileştirmeler, üretici ve sanayicilerin karlılığını artırabilecek durumdadır (Fidan, 2010). Yüksek derecede verimli ve kaliteli üretim yapabilmek için bitki su ihtiyacı doğru şekilde belirlenmeli ve zamanında sulamalar yapılmalıdır (Ünlükara, 2014).

Günümüzde tarım ve su kaynakları iklim değişikliğinden en fazla etkilenen kesimlerin başında gelmektedir. Su kaynaklarına doğrudan ve dolaylı etkide bulunan küresel ısınma, su ve su kaynaklarının önemini daha da arttırmaktadır (Karaman ve Gökalp, 2010). Tarımda kullanılan suyun azalması sonucunda su tasarrufu sağlamak amacıyla, damla sulama sistemlerinin kullanımı günümüzde önemlidir (Çamoğlu, 2004). Bu nedenle, sulama randımanı ve su tasarrufunda üstünlüklere sahip, en gelişmiş tarımsal sulama yöntemlerinden birisi olan yüzey altı damla sulama sistemi bu projede tercih edilmiştir. Sulama suyunun buharlaşmasını önleyerek topraktaki nemin korunmasını sağlayan ve sulama suyunu daha etkili bir şekilde kullanan yüzey altı damla sulama sisteminde, çerezlik kabak bitkisi (*Cucurbita pepo L.*) üzerinde farklı sulama rejimleri uygulayarak, bitki su kullanım etkinliği ve verime etkisi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2021-2022 yetiştirme döneminde Erciyes Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi (ERÜTAM) kampüs arazisinde yürütülmüştür. İlk yıl yeteri kadar bitki çıkışı elde edilmediği için 2.yıl sonuçları sunulmuştur. Denemede ticari bir firmaya ait çerezlik kabak çeşidi (*Cucurbita pepo* L.) kullanılmıştır. Meyve boyu meyve çapından daha uzun olan bu çeşidin çekirdekleri ise meyveleri gibi tohum boyu, çapından daha uzun ve çitlemeye elveriş bir yapıya sahiptir.

Çalışmada yüzey altı damla sulama sistemi ve damla sulama sistemleri altında farklı sulama rejimleri uygulanarak, çerezlik kabak bitkisinin (*Cucurbita pepo L.*) su kullanımına ve verime etkisi incelenmiştir. Kullanılan her iki sulama sistemi altında çerezlik kabak, tam sulama (%100), hafif su stresi (%75), orta su stresi (%50) etkisinde bırakılmıştır. Tesadüf Bloklarında Tesadüf Parseller Deneme Desenine göre kurulan çalışmada, her konu iki ayrı sulama sistemi için 3 kez tekrarlanmıştır. Her biri 5 m eninde 6 m boyunda 30 m^2'lik alana sahip olmak üzere 9 parsel damla sulama sistemi ve 9 parsel de yüzey altı damla sulama sistemi olarak toplam 18 parselde çalışma yürütülmüştür. Parseller arası 1.2 m boşluk bırakılmıştır. Her bir parselde 5 bitki sırası ve her bir sırada 0.5 m arayla 12 bitki yer almıştır. Sulama sistemleri döşenmeden önce traktörle arazi sürülmüş ve rotatiller ile kesekler parçalanarak toprak yüzeyi düzeltilmiştir. Parsellerin çakılmasının ardından mini ekskavatör ile yüzey altı damla sulama laterallerinin yerleri açılmıştır. Her bitki sırasına 16 mm çapında bir lateral boru, bu boruların bağlı olduğu 32 mm çapında bir manifold boru ve her parsel başında 40 mm çapında bir manifold olacak şekilde damla sulama sistemleri döşenmiştir. Yüzey altı damla sulama sistemlerinde lateraller, 25 cm derinliğe yerleştirilmiş ve parsel sonunda 40 mm çapında bir yıkama borusuna bağlanmıştır. Yıkama borusu uç kısmına ise hem yıkama hem de vantuz gibi sisteme hava girişi sağlamak için bir küresel vana eklenmiştir. Sisteme su verildikten ve sulama tamamlandıktan sonra giriş vanası kapatılmadan önce bu vana kısmen açılarak sisteme hava girişi sağlanmıştır. Manifold girişlerinde bir küresel vana ve bir manometre ile giriş basıncı sabitlenmiştir. Her iki sulama sisteminde basınç ayarlı 0.30 m damlatıcı

aralığına ve 1.7 l/h damlatıcı debisine sahip lateraller kullanılmıştır. Manifold borular alt ana borulara bağlanarak kontrol ünitesinden geçmiş, basıncı ayarlanmış ve filtrelenmiş su ile beslenmiştir. Tohum ekimi 17 Mayıs 2022 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Parsellerde her bir ekim noktasına 3-4 cm derinliğe 3 adet tohum ekilmiş ve çimlenmeden sonra tek bir fide bırakılmıştır. Ekim öncesinde motorlu çapa ile toprak çapalanarak yumuşatılmış ancak yüzey altı damla sulama parsellerinde lateral ve manifold borulara zarar verilmemesi için el çapası kullanılmıştır. Hemen ekim öncesi dekara 12'şer kg azot ve fosfor uygulanmasında Toros 20×20×0×30 SO_3+Zn gübresi atılmış ve çapa ile karıştırılmıştır. Fide çıkışları ve seyreltmeden sonra 1 kg/dekar saf azot gelecek şekilde amonyum sülfat gübresi suda eritilerek uygulanmıştır. Yüzey ve yüzey altı damla sulama sistemlerinde tesadüfen seçilmiş iki parsele su sayacı yerleştirilmiş ve sabit iki farklı basınçta yapılan testler ile damlatıcı debisi kontrol edilmiştir. Bitki su tüketimi FAO-56 Penman-Monteith yöntemine göre günlük olarak tahmin edilmiştir.

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

Eşitlikte, ET_c bitki su tüketimi (mm), K_c bitki katsayısı, ET_o referans bitki evapotranspirasyonudur (mm). Referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmasında gerekli meteorolojik veriler deneme alanında bulunan ve Kayseri 7.Meteoroloji Bölge Müdürlüğü tarafında işletilen 19188 nolu istasyondan indirilmiştir. Çerezlik kabak bitki gelişme dönemi için Allen vd. (1998) tarafından başlangıç dönemi, orta dönem ve hasat dönemi bitki katsayıları 0.5, 0.95 ve 0.75 önerilmiştir. Kırnak vd. (2016) tarafından Kayseri koşulları için Develi popülasyonu çerezlik kabak için başlangıç, orta ve hasat dönemi için Kc katsayıları 0.33, 1.09 ve 0.55 önerilirken Tagem-DSİ (2017) tarafından çerezlik balkabağı olarak Konya için bu katsayılar 0.44, 1.02 ve 0.82 verilmiştir. Bu çalışmada ise belirtilen literatür değerlerine göre çerezlik kabak için Kc katsayısı 0.5, 1.0 ve 0.65 alınmıştır.

Tam sulama parsellerine uygulanacak sulama suyu hacmi (V) şu şekilde hesaplanıştır:

$$V = ET_c \cdot A$$

Eşitlikte V sulama suyu hacmi (L), ET_c tahmin edilen bitki su tüketimi (mm) ve A parsel alanıdır (30 m^2). Islatma desenlerinin birbirini örtmesi nedeniyle tüm parsellerde damla sulama sistemi ıslatma oranı 1.0 kabul edilmiştir. Parsele döşenen toplam lateral uzunluğunun (30 m) lateral üzerindeki damlatıcı aralığına (0.3 m) oranlanması ile parseldeki damlatıcı sayısı bulunmuş ve damlatıcı sayısının damlatıcı debisiyle (1.7 L/saat) çarpılmasıyla parsele saatte giren su hacmi hesaplanmıştır. Parsele uygulanacak sulama suyu hacminin (V), parsel debisine oranlanmasıyla da sulama süresi saptanmıştır. Kısıtlı sulama konuları olan %75 ve %50 konularına uygulanacak sulama suyu hacmi sırasıyla 0.75 ve 0.50 oranlarıyla çarpılarak belirlenmiştir.

Çerezlik kabak bitkisinin sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE), bir dekardan elde edilen net çerezlik kabak tohumu ağırlığının (kg) uygulanan sulama suyuna (m^3) oranlanmasıyla bulunmuştur. Hasat 14 Eylül 2022 tarihinde yapılmaya başlanmıştır. Kenar tesirleri çıkarıldıktan sonra orta sıralarda yer alan 15 bitki hasat edilerek değerlendirilmiştir. Her bitkiden hasat edilen meyve sayısı saptanmış, tek tek meyve ağırlığı, meyve çapı ve meyve boyu ölçülmüştür. Meyveler kesildikten sonra el ile içerisindeki tohumlar çıkarılmış ve tartılmıştır. Tohumlar gölgede kurutulduktan sonra vantilatör ile boş çekirdekler ayrılmıştır. Toplam net çekirdek ağırlığı tartım yoluyla belirlenmiştir. Her konudan 1000 adet tohum sayılmış ve 1000 tane ağırlığı saptanmıştır. Çekirdekler 7 mm göz açıklıklı elekten elendikten sonra elek altında ve üstünde kalan miktarları tartılmıştır. Deneme sonuçları IBM SPSS 22 programıyla varyans analizine tabi tutulmuş ve aralarında önemli fark bulunan konular Duncan Çoklu Karşılaştırma testine göre sınıflandırılmıştır. Çerezlik kabak meyve boyutları ile meyve ağırlığı, meyve ağırlığı ile meyve başına tohum ağırlığı, meyve ağırlığı ile 1000 tane ağırlığı arasındaki ilişkilerin saptanması için excel programı kullanılarak regresyon analizleri yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çerezlik kabak bitkisi (*Cucurbita pepo L.*) yüzey altı damla sulama sistemi ve damla sulama sistemi kullanılarak farklı sulama rejimleri uygulanmış ve elde edilen bulgular aşağıda belirtilmiş ve tartışılmıştır.

3.1 Uygulanan Sulama Suyu

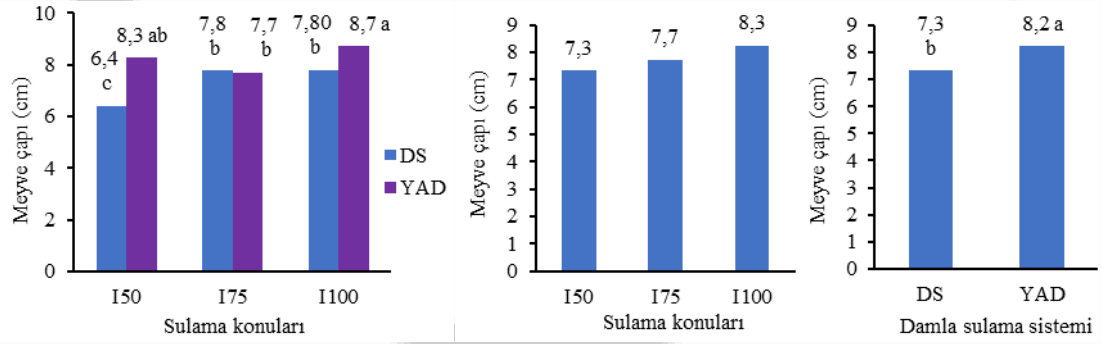
Sulama uygulamalarına 8 Temmuz 2022 tarihinde başlanmış ve 29 Ağustos 2022 tarihinde son sulama yapılarak bitirilmiştir. Toplamda 9 sulama gerçekleştirilmiştir. Konulara göre sulama uygulamaları, her iki sulama sisteminde %100, %75 ve %50 konuları için sırasıyla, 264.4, 214, 163.6 mm olarak uygulanmıştır. Sulama uygulamaları yapılırken deneme alanında bulunan meteoroloji istasyonundan veriler indirilmiş ve haftalık olarak bitki su tüketimi FAO-56 Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanarak uygulanmıştır.

3.2 Bitki Meyve Özellikleri ve Verimi

3.2.1 Meyve Çapı (cm)

Denemede ortalama olarak meyve çapı 6.4-8.7 cm arasında değişmiş, ortalama meyve çapı 7.8 cm olmuştur (Şekil 1). Meyve çapındaki bu değişim üzerine sulama oranlarının etkisi önemli çıkmamasına karşın farklı damla sulama sistemlerinin ve sulama oranı × sulama sistemi etkileşimi önemli düzeyde meyve çapını değiştirmiştir. Farklı sulama oranlarına göre meyve çapı I_{50}, I_{75} ve I_{100} konuları için sırasıyla 7.3, 7.7 ve 8.3 cm bulunmuştur. En büyük meyve çapı yüzey altı damla sulama sisteminde 8.2 cm ve damla sulama sisteminde 7.3 cm saptanmıştır. Yüzey altı damla sulama ile sulanan konularda I_{75} konusu en düşük meyve çapı 7.7 cm verirken I_{100} konusu en yüksek meyve çapını 8.7 cm vermiştir.

Şekil 1. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Meyve Çapına Etkisi

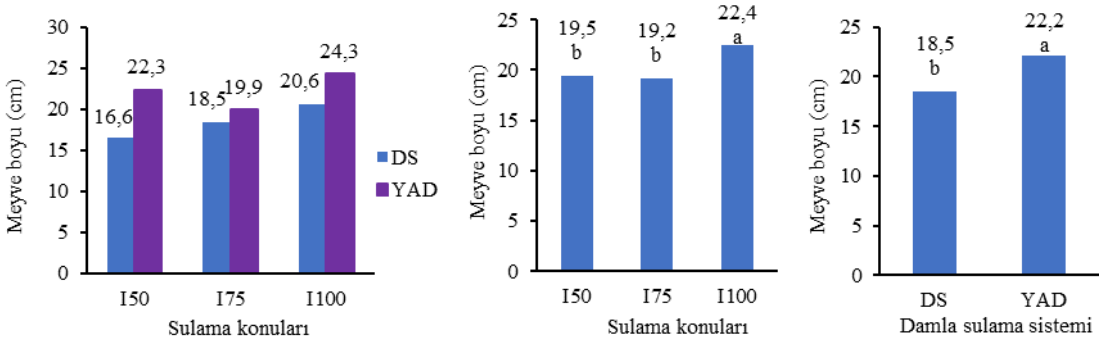


Damla sulama sisteminde ise en düşük meyve çapı I_{50} konusundan 6.4 cm ve en yüksek I_{75} ile I_{100} konularının her ikisinden 7.8 cm bulunmuştur. Sulama oranı × sulama sistemlerinin meyve çapı üzerine etkisi $p<0.05$ düzeyinde, farklı sulama sistemlerinin etkisi ise $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunurken, farklı sulama oranlarının meyve çapı üzerine etkisi önemli bulunmamıştır (Şekil 1). 2015 ve 2016 yıllarında Kayseri'de birinci ve ikinci ürün olan çerezlik kabak bitkisinin su kullanımı, verimi ve kalitesinin belirlendiği bir çalışmada, meyve çapı 16.5-24.1 cm arasında değişmiş, ortalama meyve çapı 19 cm olarak bulunmuş (Bakır, 2017).

3.2.2 Meyve Boyu (cm)

Denemede ortalama meyve boyu 16.6-24.3 cm arasında değişim göstermiş ve ortalama meyve boyu 20.4 cm olmuştur. Meyve boyu üzerine farklı sulama oranlarının ve damla sulama sistemlerinin etkisi $p<0.05$ ve $p<0.01$düzeyinde önemli bulunmuş, sulama oranı×damla sulama sistemi etkileşimi önemli derecede etkili olmamıştır. En yüksek meyve boyu I_{100} konusundan 22.4 cm elde edilirken I_{75} ve I_{50} konularından 19.2 ve 19.5 cm meyveler elde edilmiştir (Şekil 2). Yüzey altı damla sulama sistemi ile sulanan konulardan en yüksek 22.2 cm ve damla sulama ile sulanan konulardan en düşük 18.5 cm meyveler hasat edilmiştir.

Şekil 2. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Meyve Boyuna Etkisi

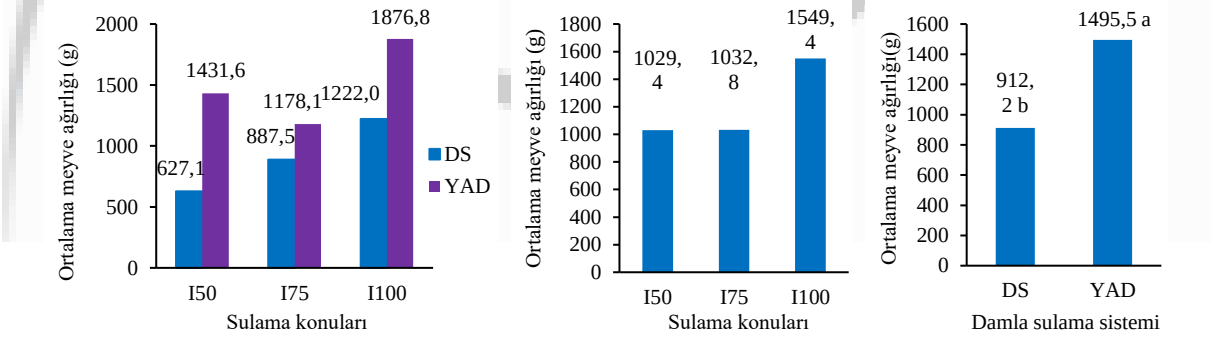


2018 yılında Kayseri'de farklı toprak nem tansiyonunda sulamanın çerezlik kabakta verim ve kaliteye etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, meyve boyları farklı tansiyometre ölçümlerine göre, 40 cbar da 24.3 cm, 55 cbar da 22.5 cm,70 cbar da 22 cm ve ortalama meyve boyu ise 23 cm olarak bulunmuştur (Ünlükara vd.,2019).

3.2.3 Ortalama Meyve Ağırlığı (g)

Çalışmada ortalama meyve ağırlığı 627.1-1876.8 g arasında değişmiş ve ortalama olarak 1204 g ağırlığında meyveler hasat edilmiştir. Meyve ağırlığındaki değişim üzerine farklı sulama oranlarının etkisi $p<0.05$ düzeyinde, farklı damla sulama sistemlerinin etkisi $p<0.01$ düzeyinde önemli derecede etkili olmasına karşın sulama oranları × damla sulama sistemi etkileşimi önemli derecede etkili olmamıştır. En yüksek meyve ağırlığı I_{100} konusundan 1549.4 g ve en düşük meyve ağırlığı I_{75} ile I_{50} konularından sırasıyla 1032.8 g ve 1029.4 g alınmıştır (Şekil 3). Farklı damla sulama sistemlerine göre en ağır meyveler yüzey altı damla sulama sisteminden 1495.5 g ve en düşük damla sulama sisteminden 912.2 g elde edilmiştir. 2017 yılında Kayseri'de çerezlik kabak bitkisinde görsel yaprak turgor kaybına bağlı sulama zamanlamasının incelendiği bir çalışmada, nötronmetre, tansiyometre ve görsel izlenim olmak üzere 3 farklı şekilde sulanan çerezlik kabak bitkisinin, meyve ağırlığını 2-3.28 kg arasında değiştiğini ve ortalama meyve ağırlığını ise 2.70 kg olarak saptamışlardır (Ünlükara vd.,2019).

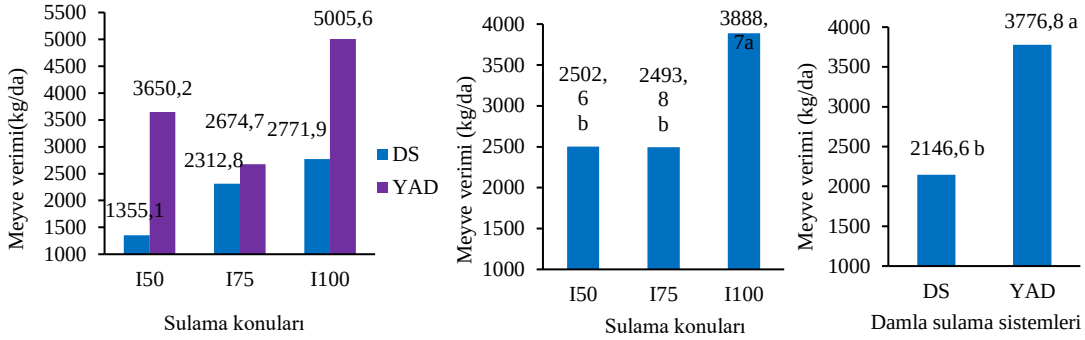
Şekil 3. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Ortalama Meyve Ağırlığına Etkisi



3.2.4 Meyve Verimi (kg/da)

Yapılan çalışmada ortalama meyve verimi 1355-5005.6 kg/da arasında değişmiş ve ortalama olarak 2961.7 kg/da verim elde edilmiştir. Meyve verimindeki bu değişime farklı sulama oranlarının etkisi $p<0.05$ düzeyinde, farklı sulama sistemlerinin etkisi ise $p<0.01$ düzeyinde olmuştur. Ancak buna rağmen sulama oranları × damla sulama sistemi etkileşimi önemli derecede etkili olmamıştır. En düşük meyve verimi I_{50} ve I_{75} konularında sırasıyla 2502.6 kg/da ve 2493.8 kg/da, en yüksek verim ise I_{100} konusunda 3888.7 kg/da olarak elde edilmiştir. Kullanılmış olan farklı sulama sistemleri açısından ise meyve verimleri, yüzey altı damla sulama sisteminde 3776.8 kg/da ve damla sulama sisteminde ise 2146.6 kg/da olarak elde edilmiştir (Şekil 4).

Şekil 4. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Meyve Verimine Etkisi



Özer (2012) tarafından Tekirdağ'da çerezlik kabak üzerine yapılan bir denemede, bitki su tüketimi 2010 yılında 222.4–472.2 mm, 2011 yılında 300. –575.8 mm arasında değişmiş araştırma sonucunda, en yüksek kabak verimi ilk yıl 34.80 t/ha ile I_{125} konusundan, ikinci yıl ise 31.20 t/ha ile I_{100} deneme konusundan elde edilmiştir.

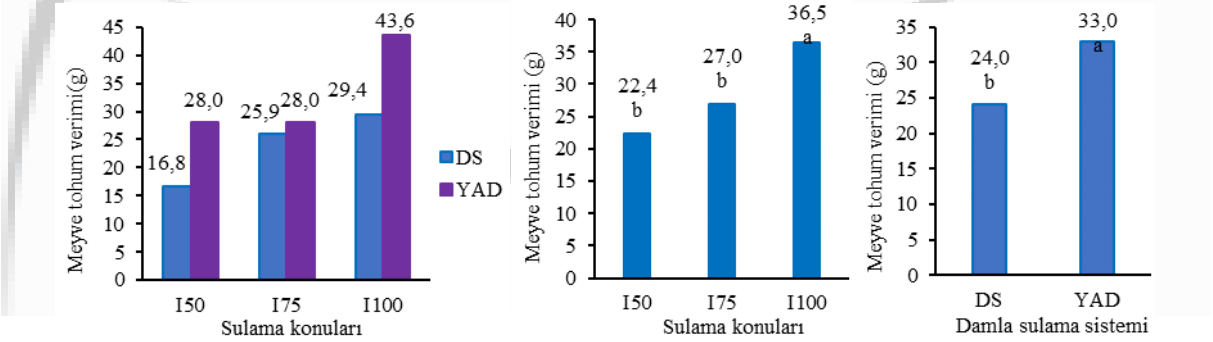
3.3 Tohum Verimi ve Tohum Özellikleri

Yüzey altı damla sulama ve damla sulama sistemleri kullanılarak uygulanan farklı sulama rejimlerinin sulama konularına göre tohum verimine etkisi incelenmiş ve aşağıda belirtilmiştir**.**

3.3.1. Meyve ve Bitki Tohum Verimi

Denemede, meyve tohum verimi 16.8 g- 43.6 g arasında değişiklik göstermiş ve ortalama olarak ise 28.6 g verim elde edilmiştir (Şekil 5). Farklı sulama oranlarının meyve tohum verimine etkisi $p<0.05$ düzeyinde, farklı sulama sistemlerinin verime etkisi ise $p<0.01$ düzeyinde etkili bulunmuştur. Sulama oranları × damla sulama sistemleri arasındaki etkileşim önemli derecede etkili olmamıştır. En düşük meyve tohum verimi I_{50} ve I_{75} konularında sırasıyla 22.4 ve 27 g, en yüksek meyve tohum verimi ise I_{100} konusunda 36.5 g olarak bulunmuştur.

Şekil 5. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Meyve Tohum Verimine Etkisi

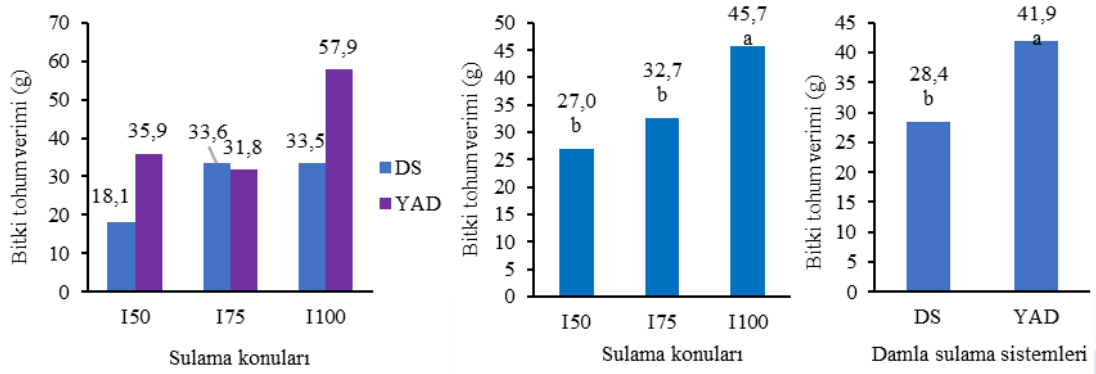


Yüzey altı damla sulama sistemlerinin uygulandığı deneme konularında meyve tohum verimi 33 g, damla sulama sistemlerinin uygulandığı deneme konularında ise 24 g meyve tohum verimi elde edilmiştir (Şekil 5). 2012 ve 2013 yıllarında, Erzurum şartlarında, farklı yerlerden elde edilen 9 farklı çerezlik kabak genotipinin adaptasyonun, verim ve kalitesinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada meyve başına ilk yıl 54.74 g, ikinci yıl ise 71.44 g ortalama tohum verimi alındığı belirtilmiştir (Turgut, 2015).

Bitki tohum verimi bu çalışmada 18.1-57.9 g arasında değişmiş olup, bu verimden ortalama 35.1 g tohum elde edilmiştir (Şekil 6). Bitki tohum verimindeki değişime farklı sulama oranlarının etkisi $p<0,05$ düzeyinde, farklı sulama sistemlerinin etkisi ise $p<0,01$ düzeyinde bulunmuştur. Sulama oranları × damla sulama sistemlerinin etkileşimi önemli derecede etkili bulunmamıştır. I_{50} ve I_{75} konularında sırasıyla 27 g ve 32.7 g ile en düşük verimler elde edilirken, I_{100} konusunda 45.7 g ile en yüksek verim

elde edilmiştir. Kullanılan farklı sulama sistemleri açısından ise verimler; yüzey altı damla sulama sisteminde 41.9 g, damla sulama sisteminde 28.4 g olarak bulunmuştur (Şekil 6). Kayseri'de 2015-2016 yetiştirme döneminde yapılan bir çalışmada, bitki net tohum verimi 48.0-91.0 g arasında değişmiş, bir bitkiden ortalama 66.0 g tohum verimi elde edilmiştir (Ünlükara ve Bakır, 2018).

Şekil 6. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Bitki Tohum Verimine Etkisi

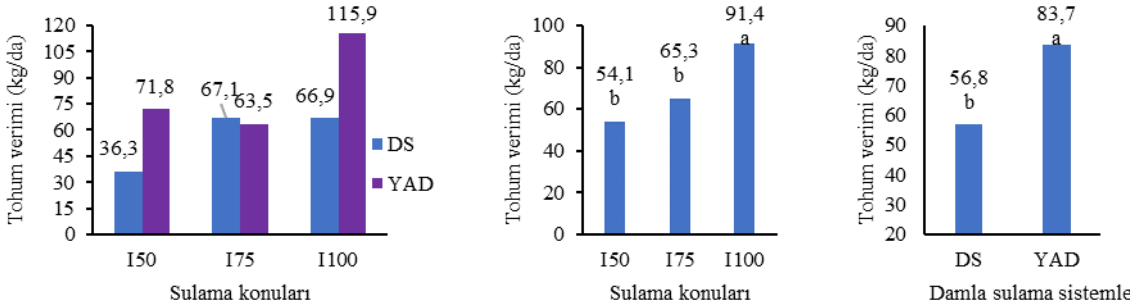


3.3.3 Tohum Verimi

Kurutulmuş tohumlardan içini iyi doldurmamış boş tohumlar ayıklandıktan sonra net tohum verimi elde edilmiştir. Bu durumda bir miktar fire çıkmıştır. Denemede tohumlar için fire oranı %1.5-2.4 arasında ve ortalama %2.1 olarak bulunmuştur. Yüzey altı damla sulama sisteminin kullanıldığı konularda fire %2 ve damla sulama sisteminin kullanıldığı konularda fire %2.2 saptanmıştır. Tohum nemi bu denemede %57.7-105.5 arasında değişiklik göstermiş olup, ortalama olarak ise %79.1 bulunmuştur. Farklı sulama oranlarının ve farklı sulama sistemlerinin tohum nemine etkisi önemli bulunmamıştır.

Bu çalışmada tohum verimi 36.3-115.9 kg/da arasında değişiklik göstermiş ve ortalama tohum verimi 70.2 kg/da bulunmuştur (Şekil 7). Tohum verimindeki değişime farklı sulama oranlarının etkisi $p<0,05$ düzeyinde, farklı sulama sistemlerinin etkisi ise $p<0.01$ düzeyindedir. Damla sulama sistemleri × sulama oranları etkileşimi tohum verimine önemli derecede etkili olmamıştır. En düşük tohum verimi 54.1ve 64.3 kg/da olmak üzere I_{50} ve I_{75} konularında, en yüksek tohum verimi ise 91.4 kg/da ile I_{100} konusunda bulunmuştur. Kullanılan farklı sulama sistemlerinde ise yüzey altı damla sulama sistemi kullanılan parsellerdeki tohum verimi 83.7 kg/da ve damla sulama sistemindeki tohum verimi 56.8 kg/da olarak bulunmuştur. 2013 ve 2015 yıllarında yağmur suyu hasadı tekniği ile yarı kurak koşullarda çerezlik kabak üretiminin gerçekleştiği bir çalışmada, farklı sıra aralıklarının uygulandığı konulara göre alınan tohum verimleri; 2013 yılında maksimum verim 1 m ve 1.2 m bitki sıra aralarına sahip konulardan sırasıyla 202 kg/ha ve 208 kg/ha, minimum verim ise kontrol konusundan 55 kg/ha olarak elde edilmiş. 2015 yılında ise 1 m bitki sıra arasına sahip konudan 660kg/ha ile maksimum verimi, 0.8 m bitki sıra arasına sahip konudan 397 kg/ha ile minimum verim elde etmişlerdir (Ünlükara ve ark.,2021).

Şekil 7. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Tohum Verimine Etkisi

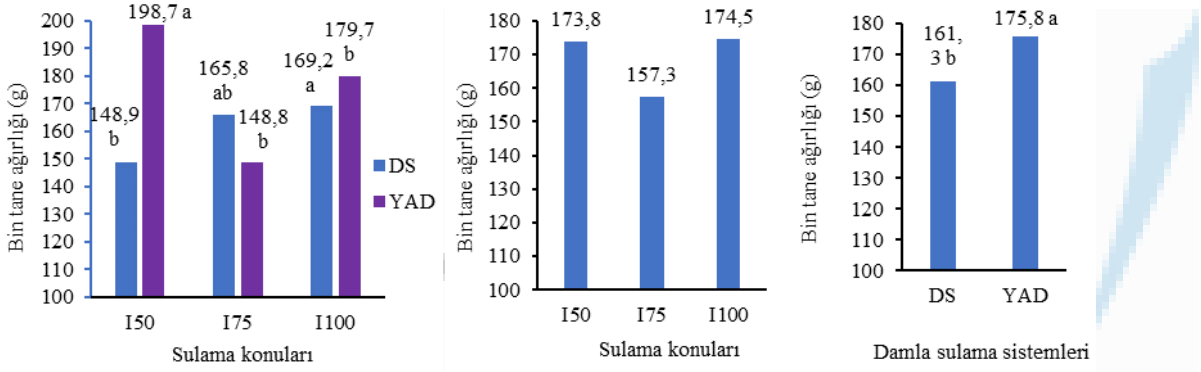


3.4 Bin tane ağırlığı (g)

Bin tane ağırlığı bu denemede 148.8 g- 198.7 g arasında değişmiştir ve ortalama bin tane ağırlığı 168.5 g olarak elde edilmiştir (Şekil 8). Farklı sulama sistemlerinin bin tane ağırlığındaki değişimi ve damla

sulama sistemi × sulama oranı p<0.05 düzeyinde etkili bulunmuştur. Ancak farklı sulama oranlarının bin tane ağırlığına etkisi önemli bulunmamıştır. En düşük bin tane ağırlığı verileri 157.3 g ve 173.8 g ile sırasıyla I_{50} ve I_{75} konularına aittir. En yüksek bin tane ağırlığı verisi ise 174.5 g ile I_{100} konusundadır. Kullanılan farklı sulama sistemlerinde açısından ise bin tane ağırlıkları, yüzey altı damla sulama sisteminde 175.8 g ve damla sulama sisteminde 161.3 g olarak bulunmuştur. 2013 ve 2015 yıllarında yağmur suyu hasadı tekniği ile yarı kurak koşullarda çerezlik kabak üretiminin gerçekleştiği bir çalışmada, farklı sıra aralıklarının uygulandığı konulara göre bin tane ağırlıkları; 2013 yılında 1000 tane ağırlığı en yüksek, 1.2 m bitki sıra aralarına sahip konudan 210 g ve en düşük 1000 tane ağırlığı ise kontrol konusundan 156 g olarak elde edilmiş. 2015 yılında ise 1000 tane ağırlığı verileri 1.2 m bitki sıra arasına sahip konudan 264 g, 0.8 m bitki sıra arasına sahip konudan 190 g olarak saptamışlardır (Ünlükara vd.,2021).

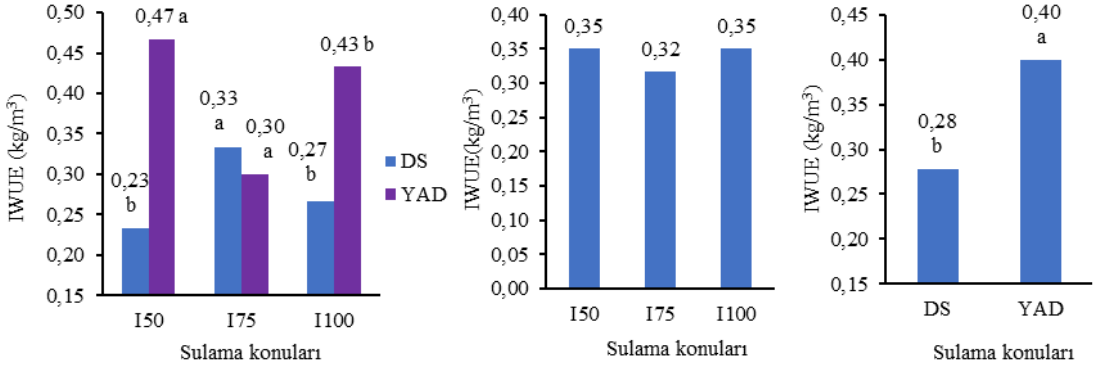
Şekil 8. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Bin Tane Ağırlığına Etkisi



3.3.5. Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE)

Denemede sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değerleri, 0.23 kg/m^3 ile 0.47 kg/m^3 arasında değişiklik göstermiş olup, ortalama olarak ise 0.34 kg/m^3 değerinde bulunmuştur (Şekil 9). Farklı sulama oranlarında sulama suyu kullanım etkinlinin değeri önemli bulunmamıştır. Ancak sulama oranları×damla sulama sistemlerinin sulama suyu kullanım etkinliğine etkisi p<0.05 düzeyinde, farklı sulama sistemlerinin etkisi ise p<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Sulama suyu kullanım etkinliği, en düşük I_{75} konusunda 0.32 kg/m^3 bulunurken en yüksek I_{50} ve I_{100} konularında 0.35 kg/m^3 ile aynı değerler elde edilmiştir. Farklı sulama sistemleri açısından sulama suyu kullanım etkinliği, yüzey altı damla sulama sistemi ile sulanan konularda 0.40 kg/m^3 bulunurken, damla sulama sistemi ile sulanan konularda 0.28 kg/m^3 bulunmuştur. Konya' da 2013 ve 2014 yıllarında "Ürgüp Sivri" sinde su stresi uygulanarak yapılan bir çalışmada, sulama yapılmayan konu haricinde sulama suyu kullanım etkinliği değerleri 2013 yılında 0.24-0.44 arasında ise 2014 yılında 0.24-0.29 arasında elde edilmiş. 2013 yılında sulama suyu kullanım etkinliği önemli derecede artış gerçekleştirmişken,2014 yılında artış fazla gerçekleşmemiştir (Seymen vd, 2016).

Şekil 9. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Sulama Suyu Kullanımına Etkisi



Sonuç ve Öneriler

Çerezlik kabak bitkisinde uygulanan su stresinin, meyve boyu, çapı, ağırlığı ve meyve verimlerinde düşüşe neden olduğu görülmüştür. Denemede yapılan 7 mm altı ve 7mm üstü elek analizinden elde edilen sonuçlar ve fire verilen tohum miktarları önemli miktarda bulunmamıştır.

Yüzey altı damla sulama sistemi kullanılarak sulanan parsellerden elde edilen sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE-kg/m^{-3}) verilerinin, damla sulama sistemi ile sulanan parsellere göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Yüzey altı damla sulama sisteminin sulama suyunu daha etkin kullanması, bitki verim ve verim bileşenlerinde artış neden olduğu görülmüştür. Bu nedenle çerezlik kabak (*Cucurbita pepo L.)* tarımında, yüzey altı damla sulama sisteminin kullanılması yararlı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından Yüksek Lisans Tez Projesi olarak FYL-2021-11091 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAK

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M., 1998. Crop Evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Rome, 300 pp.

AMER K.H., 2011. Effect of irrigation method and quantity on squash yield and quality. Agricultural Water Management, 98: 1197-1206.

ÇAMOĞLU, G., (2004). Farklı Yapım ve Yapım Özelliklerine Sahip Damlatıcılarda Eş Su Dağılımının İncelenmesi. ÇOMÜ. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.

DÜZELTİR, B., 2004. Çekirdek kabağı (Cucurbita pepo L.) hatlarında morfolojik özelliklere tanımlama ve seleksiyon çalışmaları. Yüksek lisans tezi, 76s., Ankara.

FAO,2020. (Web sistesi: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL) Erişim tarihi:Ekim,2022).

FİDAN, 2010. Çerezlik Kabakta Tohum Temini. Eskişehir Ticaret Borsası Dergisi. Sayı:1, Sayfa:32-34

HESS M., BILL, M., JASON, S., JOHN, S., 1997. Oregon State University Western Oregon Squash Irrigation Guide, vol. 541. Department of Bioresource Engineering, Corvallis, OR, pp. 737-6304

GHANBARI, A., NADJAFI, F., SHABAHANG, J., 2007. Effects of irrigation regimes and row arrangement on yield, yield compenents and seed quality of pumpkin (Cucurbita pepo L.). Asian Journal of Plant Sciences, 6 (7): 1072-1079

KIRNAK, H., ÜNLÜKARA, A., İRİK, H.A., YETİŞİR, H., 2016. Water-yield relationship on pumpkin, International conference on natural science and engineering. Kilis 7 Aralık Üniversitesi 833-842 pp 19-20 March 2016, Kilis.

KUSLU, Y., SAHİN, U., KİZİLOGLU, M.F., MEMİS, S., 2013. Fruit Yield and Quality, and Irrigation Water Use Efficiency of Summer Squash Drip-Irrigated with Different Irrigation Quantities of Summer

Squash Drip-Irrigated with Different Irrigation Quantities in a Semi-arid Agricultural Area. Journal of Integrative Agriculture Advance Online Publication. Doi:10.1016/S2095-3119(13)60611-5

ÖZER, S., 2012. Kabak (Cucurbita pepo L.) bitkisinin sulama zamanının planlamasında bitkiye dayalı ölçüm tekniklerinin kullanım olanakları. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.

PAKSOY, M., AYDİN, C., 2004. Some physical properties of edible squash (Cucurbita pepo L.) seeds. Journal of Food Engineering, 65: 225-231.

SEYMEN, M., YAVUZ, D., YAVUZ, N., TÜRKMEN, Ö.,2016. Effect on Yield and Yield Components of Different Irrigation Levels in Edible Seed Pumpkin Growing. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering Vol:10, No:5, 2016

SUNULU, S., YAĞCIOĞLU, M., 2014. Kayseri'de çerezlik kabak (Cucurbita pepo L.) üreticilerinin işletme, pazarlama ve üretim teknikleri durumu. Çerezlik Kabak Çalıştayı, İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 26-27 Kasım, Kayseri.

TAGEM-DSİ, 2017. Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı/Ankara, 590 s.

TÜİK, 2020. (Web sayfası: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr) (Erişim tarihi: Ekim,2022).

TÜİK, 2021. (Web sayfası: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr) (Erişim tarihi: Ekim,2022).

TURGUT, G.,2015. Çerezlik Kabak Genotiplerinin Erzurum Şartlarında Adaptasyonu, Verim ve Kalitelerinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 93 s.

ÜNLÜKARA, A., 2014. Kabak Su İlişkileri ve Sulama Stratejisi. Çerezlik Kabak Çalıştayı, 26-24 Kasım, Kayseri. 69-80.

ÜNLÜKARA, A., AYRANCI, B., KOCAASLAN, N.., AKDAŞ, M., GENÇASLAN, O.C., 2019. Farklı Toprak Nem Tansiyonunda Sulamanın Çerezlik Kabakta Verim Ve Kaliteye Etkisi. International Erciyes Agriculture, Animal and Food Sciences Conference, Kayseri, Türkiye, ss.630-638, 2019.

ÜNLÜKARA, A., BAKIR, R., 2018. Birinci ve İkinci Ürün Çerezlik Kabağın (Cucurbita pepo L.) Su Kullanımı ve Veriminin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, I. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı: 309-318.

ÜNLÜKARA, A., BAHÇIVAN, M., YILDIZ, D., ERTAŞ D., 2019. Çerezlik Kabakta Yaprak Görsel Turgor Kaybına Bağlı Sulama Zamanlaması. International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference 24-27 Nisan 2019. Erciyes Üniversitesi, Kayseri. 599-608.

ÜNLÜKARA, A., YETİŞİR H., CEBECİ İ., 2021. Rainwater harvesting with polyethylene film covered ridges for pumpkin (Cucurbita pepo L.) seed production under semiarid conditions. Journal of Agricultural Sciences, DOI: 10.15832/ankutbd.643753

YANMAZ, R., 2014. Türkiye'nin çerezlik kabak potansiyeli, Çerezlik Kabak Çalıştayı, İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 26-27 Kasım, Kayseri.

Presentation ID / Sunum No: 143

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-00003-4931-8100

Damla Sulama ve Yüzey Altı Damla Sulama Sistemleriyle Farklı Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Verimine Etkisi

Araştırmacı Didem Yıldız[1], Prof.Dr. Ali Ünlükara[1]
[1]Erciyes Üniversitesi

*Corresponding author: Didem Yıldız

Özet: *Bu araştırmada, damla sulama ve yüzey altı damla sulama sistemleri ile farklı sulama frekanslarında yapılan sulamaların çerezlik kabak bitkisine (Cucurbita pepo L.) olan etkilerinin saptanması amaçlanmıştır. Kayseri'de 2022 yetiştirme döneminde Tesadüf Bloklarında Tesadüf Parseller deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak kurulan denemede, yüzey altı damla sulama sistemi ve damla sulama sistemiyle çerezlik kabak 4 gün, 8 gün ve 12 gün arayla sulanmıştır. Damla sulama sistemleri meyve boyutları ve meyve verimi üzerine önemli düzeyde etkili olurken sulama frekanslarının etkisi önemli bulunmamıştır. Damla sulama ve yüzey altı damla sulama sisteminden 25.82 t/ha ve 18.23 t/ha meyve verimi elde edilirken 441.9 kg/ha ve 385.9 kg/ha tohum verimi elde edilmiştir. Sulama frekansı 4, 8 ve 12 gün için sırasıyla 431.4, 422.4 ve 388.0 kg/ha çerezlik kabak tohumu üretilmiştir. Yüksek kullanılabilir su tutma kapasiteli (156.8 mm/m) tınlı kumlu toprakta 12 günlük sulamada daha düşük verim alınmasına karşılık bu fark önemli bulunmamıştır. Yüzey altı damla sulama sisteminde lateral boruların sığ yerleştirilmesi, yeterli toprak işlemeyi engellemesi nedeniyle beklenilen verim artışı elde edilememiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Damla Sulama Sistemleri, Sulama Aralığı, Çerezlik Kabak Bitkisi*

Effect of Different Irrigation Frequencies With Drip and Subsurface Drip Irrigation Systems On Pumpkin Yield

Abstract*: This study aimed to determine the effect of different irrigation frequencies applied with drip and subsurface drip irrigation systems on pumpkins (Cucurbita pepo L.), cultivated for their seeds. The pumpkin was irrigated at 4 days, 8 days, and 12 days intervals with drip irrigation and subsurface irrigation systems in this experiment, which was carried out in 2022 under Kayseri conditions and arranged according to randomized blocks with three replications. The drip irrigation systems significantly affected pumpkin fruit sizes and fruit yield while the irrigation frequency treatments did not affect them. Drip irrigation and subsurface drip irrigation systems produced 25.82 and 15.83 t/ha fruit yields, and 441.9 and 385.9 kg/ha seed yields, respectively. Irrigation applications at 4, 8, and 12 days produced 431.4, 422.4, and 388.0 kg/ha seed yields. Although lower seed yield was obtained with 12-day irrigation intervals in sandy loam textured soil, which has a higher total available water capacity (156.8 mm/m), this yield did not differ significantly from the other treatments. The expected yield improvement irrigating with subsurface drip systems was not achieved since the shallow installation of subsurface lateral lines prevented favorable soil tillage.*

Keywords: *Drip İrrigation Systems, İrrigation İntervals, Pumpkin*

GİRİŞ

Kavun, karpuz, hıyar, bal kabağı, kestane kabağı gibi bitkiler ile birlikte çekirdeklik kabak kabakgiller (*Cucurbitacea*) familyasını oluşturmaktadır (Çakır, 1996). Değişik kabak türleri gerek çekirdeği ve gerekse meyveleri ile insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Meyvesinde, çözünmeyen proteinleri, çözünebilen pepton'a dönüştüren enzimlerin bulunması, böbrek hastalarının beslenmesi açısından, kabağı çok önemli bir gıda kaynağı haline getirmektedir. İçerdikleri vitaminler açısından da kabak meyveleri çok değerli bir besin kaynağıdır. Bazı kabak çeşitlerinin meyvelerinde 8-10 mg A

vitamini bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kabak çekirdeğinin yüksek miktarlarda protein ve yağ içerdiği bilinmektedir. Kabak çekirdeği %58'e varan oranlarda yağ içermektedir. Gıda sektöründen kozmetik ve ilaç sektörüne kadar birçok alanda hammadde olarak değerlendirilen bu tohum, sanayi ürünü olmasının yanı sıra çoğunlukla kuruyemiş olarak tüketilmektedir (Yanmaz, 2014). Ülkemizde çerezlik kabak tohumu yetiştiriciliğinde çoğunlukla sakız kabağı *(Cucurbita pepo L.)* ve bal kabağı *(Cucurbita moschata)* tohumları kullanılmaktadır. Kabak bitkisi, iyi drenajlı ve organik madde bakımından zengin topraklarda yetişir (Hess vd., 1997). Tarla içi su yönetimi uygulamaları, kurak ve yarı kurak bölgelerde sulu tarımda bitki verimini en çok etkileyen faktördür (Al-Omran vd., 2005). Kabak bitkisinin ihtiyaç duyduğu su miktarının karşılanmaması ya da bu miktarın aşılması halinde önemli verim kayıpları oluşabileceği belirtilmiştir (Amer, 2011). Ülkemizde çerezlik kabak üretim alanı, miktarı ve tüketiminin önemli seviyelere ulaşmasına rağmen yapılan çalışmalar son derece azdır. Çerezlik kabakta verim ve kalitede ortaya konulabilecek küçük iyileştirmeler, üretici ve sanayicilerin karlılığını artırabilecek durumdadır (Fidan, 2014). Yüksek derecede verimli ve kaliteli üretim yapabilmek için bitki su ihtiyacı doğru şekilde belirlenmeli ve zamanında sulamalar yapılmalıdır (Ünlükara, 2014).

Günümüzde tarım ve su kaynakları iklim değişikliğinden en fazla etkilenen kesimlerin başında gelmektedir. Su kaynaklarına doğrudan ve dolaylı etkide bulunan küresel ısınma, su ve su kaynaklarının önemini daha da arttırmaktadır (Karaman ve Gökalp, 2010). Tarımda kullanılan suyun azalması sonucunda su tasarrufu sağlamak amacıyla, damla sulama sistemlerinin kullanımı günümüzde önemlidir (Çamoğlu, 2004). Bu nedenle, sulama randımanı ve su tasarrufunda üstünlüklere sahip, en gelişmiş tarımsal sulama yöntemlerinden birisi olan yüzey altı damla sulama sistemi bu projede tercih edilmiştir. Sulama suyunun buharlaşmasını önleyerek topraktaki nemin korunmasını sağlayan ve sulama suyunu daha etkili bir şekilde kullanan yüzey altı damla sulama sisteminde, çerezlik kabak bitkisine (*Cucurbita pepo L.*) farklı sulama frekansları uygulayarak, bitki su kullanım etkinliği ve verime etkisi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Deneme, Türkiye'nin yarı kurak bölgesinde İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan rakımı 1050 mm olan Kayseri ilinde yürütülmüştür. Kayseri'de Ortalama sıcaklık Ocakta -1.6°C ile Temmuzda 22.3°C, ortalama en yüksek sıcaklıklar Ocakta 4.2°C ve Ağustosta 30.8°C, ortalama en düşük sıcaklıklar yine Ocakta -6.8°C ve 12.1°C arasında değişmektedir. Yıllık toplam yağış 389.6 mm ve yıllık ortalama güneşlenme süresi günde 7 saattir (MGM, 2022). Atmosferin buharlaşma talebi veya referans evapotranspirasyon Ocakta 28.8 mm ile Temmuzda 169.6 mm arasında değişmekte ve 1190 mm yıllık toplam vermektedir (Ünlükara, 2014).

Çalışmada damla sulama (DS) ve yüzey altı damla sulama (YAD) sistemleri ile çerezlik kabak bitkisi (*Cucurbita pepo L.*) 4 gün, 8 gün ve 12 sulama frekanslarında sulanmıştır. Her bir sulama frekansı 3 kez tekrarlanmış ve çalışma Tesadüf Bloklar Deneme Desenine göre tasarlanmıştır. Denemede damla sulama sisteminde 9 ve yüzey altı damla sulama sisteminde de 9 adet olmak üzere toplam 18 parsel bulunmaktadır. Parseller 5×6 m boyutlarında olup toplam 5 bitki sırası içermektedir. Bitki sıraları arası 1 m ve sıra üstü bitki aralığı 0.5 metredir. Deneme alanı topraklarının bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir (Ünlükara ve Bakır, 2018). Kumlu tın ve tınlı ince kumlu bünyeye sahip deneme alanı topraklarının toplam kullanılabilir nem miktarı 156.8 mm/m düzeyindedir. Üst kök bölgesi toprağının satürasyon ekstresi elektriksel iletkenliği ortalama 1.65 dS/m olmasına karşın bu değer tuzluluğa orta derecede toleranslı kabak bitkisi eşik tuzluluk değerinin (ECe= 4.7 dS/m) altındadır (Ayers ve Westcot, 1986; Ünlükara, 2014).

Parsellere ekim öncesi Toros 20×20×0×30 SO_3+Zn gübresi dekara 12'şer kg azot ve fosfor gelecek şekilde uygulanmış ve çapa ile karıştırılmıştır. Ekim öncesi damla sulama parselleri çapa makinası ile yüzey altı damla sulama parselleri ise boruların zarar görmemesi için el ile çapalanmıştır. Parsellere 17 Mayıs 2022 tarihinde her bir ocağa 3 adet tohum atılarak ekim yapılmıştır. Çimlenme sonrasında her bir ocakta tek fide kalacak şekilde tekleme yapılmıştır. Fide çıkışları ve seyreltmeden sonra 1 kg/dekar saf azot gelecek şekilde amonyum sülfat gübresi suda eritilerek verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının bazı özellikleri

Toprak Derinlikleri (cm)	Bünye	Hacim Ağırlığı ($g.cm^{-3}$)	Tarla Kapasitesi ($m^3.m^{-3}$)	Solma Noktası ($m^3.m^{-3}$)	TAW (mm)	EC_e ($dS.m^{-1}$)
0-20	Tınlı ince kum	1.43	0.28	0.14	28.0	1.69
20-40	Kumlu tın	1.31	0.28	0.15	26.2	1.61
40-60	Tınlı ince kum	1.48	0.29	0.12	35.4	0.64
60-80	Tınlı ince kum	1.47	0.29	0.12	34.4	0.57
80-100	Kumlu tın	1.33	0.31	0.15	32.8	0.96

TAW: Toplam kullanılabilir nem, EC_e: Toprak saturasyon çamuru ekstraktı elektriksel iletkenliği.

Bitki su tüketimi FAO-56 Penman-Monteith yöntemine göre günlük olarak tahmin edilmiştir.

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

Eşitlikte, ET_c bitki su tüketimi (mm), K_c bitki katsayısı, ET_o referans bitki evapotranspirasyonudur (mm). Çerezlik kabak bitki gelişme dönemi için Allen vd. (1998) tarafından başlangıç dönemi, orta dönem ve hasat dönemi bitki katsayıları 0.5, 0.95 ve 0.75 önerilmiştir. Kırnak vd. (2016) tarafından Kayseri koşulları için Develi popülasyonu çerezlik kabak için başlangıç, orta ve hasat dönemi için Kc katsayıları 0.33, 1.09 ve 0.55 önerilirken Tagem-DSİ (2017) tarafından çerezlik balkabağı olarak Konya için bu katsayılar 0.44, 1.02 ve 0.82 verilmiştir. Bu çalışmada ise belirtilen literatür değerlerine göre çerezlik kabak için Kc katsayısı 0.5, 1.0 ve 0.65 alınmıştır. Deneme alanında Kayseri 7.Meteoroloji Bölge Müdürlüğü tarafında işletilen 19188 nolu istasyon tarafından referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmasında gerekli meteorolojik veriler indirilmiştir.

Tam sulama parsellerine uygulanacak sulama suyu hacmi (V) aşağıdaki eşitlik yoluyla hesaplanmış ve damla sulama sistemleri ıslatma oranı 1.0 kabul edilerek parsellere uygulanmıştır:

$$V = ET_c \cdot A$$

Eşitlikte V sulama suyu hacmi (L), ET_c tahmin edilen bitki su tüketimi (mm) ve A parsel alanıdır (5×6= 30 m^2). Her iki sulama sistemine 0.3 m aralıklı ve q= 1.7 L/saat debili damlatıcıya sahip 16 mm çapında lateraller her bitki sırasına yerleştirilmiş olup toplamda her parselde 100 adet damlatıcı bulunmaktadır. Parsele uygulanacak su hacmi parsel debisi olan 170 L/saate bölünerek sulama süresi hesaplanmış ve buna göre sulama uygulamaları yapılmıştır. Sulama frekansı konularına göre 4 günlük, 8 günlük ve 12 günlük su tüketimi bu şekilde uygulanmıştır. Parsel başlarında lateral borular 32 mm manifol borulara, manifold borular 40 mm çapında alt ana borulara ve bu borular da 75 mm ana borulara bağlanmıştır. YAD sisteminde 20 cm derinliğe yerleştirilen lateral borular ayrıca parsel sonunda 32 mm çapında yıkama borusuna bağlanmıştır. Sulama sistemi kapatılmadan önce yıkama borusuna takılı küresel vana açılarak sisteme hava girişi sağlanmıştır. Manifold boru başlarında bir küresel vana ve manometre ile su girişi kontrolü yapılmıştır. Derin kuyudan alınan su filtrelendikten ve basıncı ayarlandıktan sonra sulama sistemine verilmiştir.

Hasat 20 Eylül 2022 tarihinde yapılmaya başlanmış ve 2 günde tamamlanmıştır. Kenar tesirleri çıkarıldıktan sonra orta sıralarda yer alan 15 bitki hasat edilerek değerlendirilmiştir. Her bitkiden hasat edilen meyvelerin sayısı, meyve ağırlıkları, meyve boyu ve çapı ölçüldükten sonra kesilen meyvelerden el ile tohumlar çıkarılmış, tartılmış ve havada kurutulmuştur. Kurutulmuş tohumlar bir hava üfleyici yardımıyla ayıklanmış ve net tohum ağırlığı elde edilmiştir. Her bir konudan bin adet tohumun ağırlığı alınmış, birim alandan hasat edilen tohum miktarı (kg) bu alana uygulanan sulama suyu miktarına (m3) oranlanarak sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) belirlenmiştir (Howell vd. 1992). Elde edilen sonuçlar IBM SPSS 22 programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve farkları önemli bulunan konular sonuçlar Duncan Çoklu Karşılaştırma testine göre sınıflandırılmıştır. Excel programı yardımıyla çerezlik kabak meyve boyutları ile meyve ağırlığı, meyve ağırlığı ile meyve başına tohum ağırlığı, meyve ağırlığı ile bin tane ağırlığı arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yüzey altı damla sulama sistemi ve damla sulama sistemi ile farklı sulama frekanslarında sulanan çerezlik kabak bitkisine (*Cucurbita pepo L.*) ilişkin aşağıda belirtilmiş ve tartışılmıştır.

3.1. Uygulanan Sulama Suyu

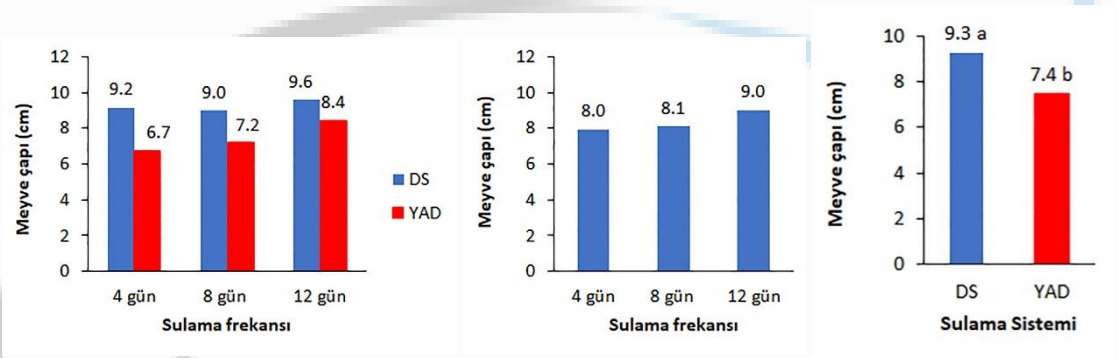
Sulama uygulamalarına 8 Temmuz 2022 tarihinde başlanmış ve 25 Ağustos 2022 tarihinde son sulama yapılarak bitirilmiştir. Toplamda 4 gün sulama frekansı için 11 kez, 8 gün sulama frekansı için 9 kez ve 12 sulama frekansı için 7 kez sulama yapılmıştır. Bitki gelişimi açısından ilk 3 sulama tüm konularda aynı tarihlerde ve düşük miktarlarda yapılmış sonra konulu sulamalar gerçekleştirilmiştir. Sulama frekansı 4 gün, 8 gün ve 12 gün için sırasıyla 195 mm, 185 mm ve 192 mm sulama suyu uygulanmıştır.

3.2. Bitki Meyve Özellikleri ve Verimi

3.2.1. Meyve Çapı (cm)

Denemede ortalama 8.4 cm olan meyve çapı 6.2-9.6 cm arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 1). Meyve çapındaki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının etkisi önemli çıkmamasına karşın farklı damla sulama sistemlerinin etkisi önemli bulunmuştur. Farklı sulama frekanslarına göre meyve çapı 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 8.0, 8.1 ve 9.0 cm bulunmuştur. En büyük meyve çapı damla sulama sisteminde 9.3 cm ve en düşük yüzey altı damla sulama sisteminde 7.4 cm saptanmıştır.

Şekil 1. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Meyve Çapına Etkisi

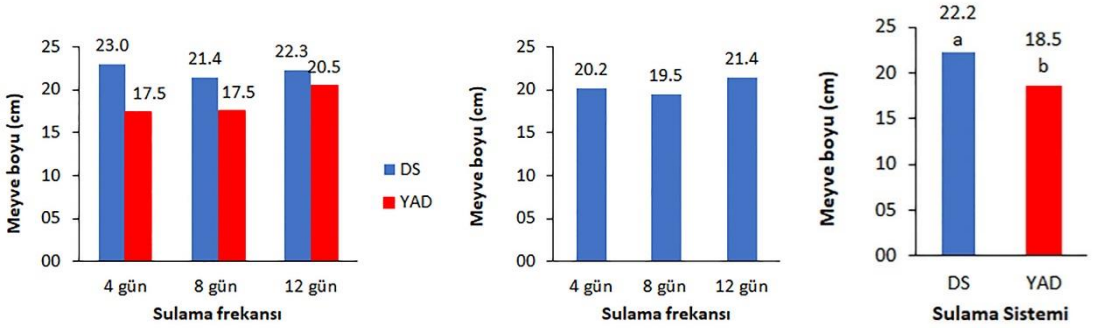


2015 ve 2016 yıllarında Kayseri'de birinci ve ikinci ürün olan çerezlik kabak bitkisinin su kullanımı, verimi ve kalitesinin belirlendiği bir çalışmada, meyve çapı 16.5-24.1 cm arasında değişmiş, ortalama meyve çapı 19 cm olarak bulunmuştur (Ünlükara ve Bakır, 2018).

3.2.2. Meyve Boyu (cm)

Denemede ortalama 20.4 cm olan meyve boyu 17.5-23 cm arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 2). Meyve boyundaki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının etkisi önemli çıkmamasına karşın farklı damla sulama sistemlerinin etkisi önemli bulunmuştur. Farklı sulama frekanslarına göre meyve boyu 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 20.2, 19.5 ve 21.4 cm bulunmuştur. En büyük meyve boyu damla sulama sisteminde 22.2 cm ve en düşük yüzey altı damla sulama sisteminde 18.5 cm saptanmıştır. Boyu çapından daha uzun meyvelere sahip bu yeni çeşitte meyve boyu yaklaşık olarak meyve çapının 2.4 katı kadardır.

Şekil 2. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Meyve Boyuna Etkisi

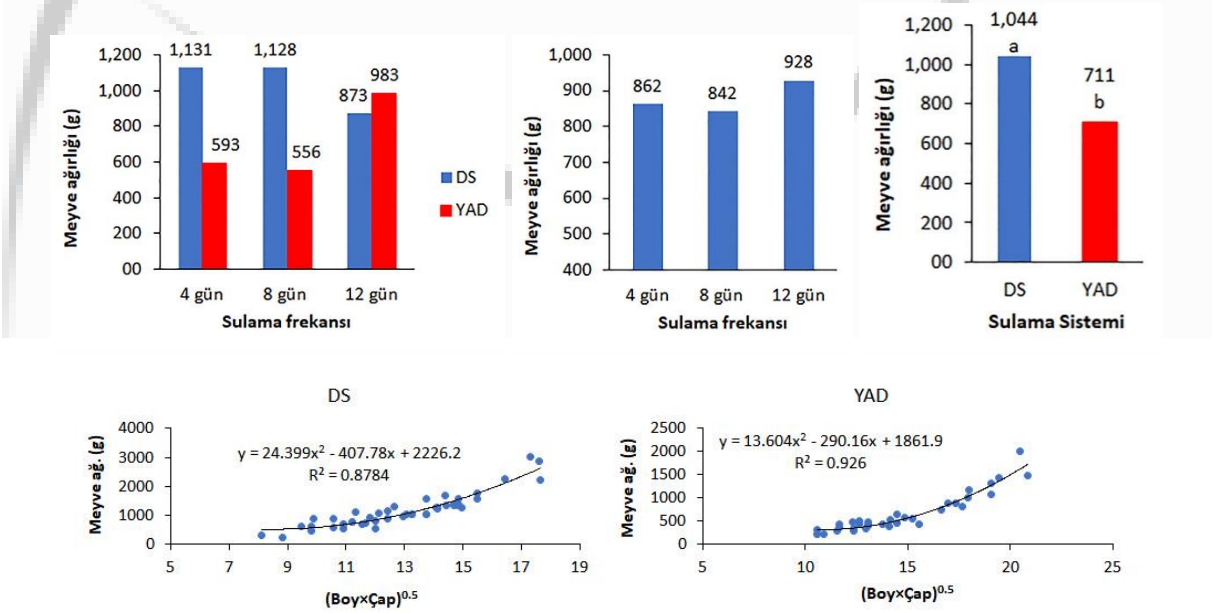


2018 yılında Kayseri'de farklı toprak nem tansiyonunda sulamanın çerezlik kabakta verim ve kaliteye etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, meyve boyları farklı tansiyometre ölçümlerine göre, 40 cbar da 24.3 cm, 55 cbar da 22.5 cm,70 cbar da 22 cm ve ortalama meyve boyu ise 23 cm olarak bulunmuştur (Ünlükara vd.,2019).

3.2.3. Ortalama Meyve Ağırlığı (g)

Denemede ortalama 877.5 g olan meyve ağırlığı 556-1131 g arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 3). Meyve ağırlığındaki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının etkisi önemli çıkmamasına karşın farklı damla sulama sistemlerinin etkisi önemli bulunmuştur. Farklı sulama frekanslarına göre meyve ağırlığı 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 862, 842 ve 928 g bulunmuştur. En büyük meyve ağırlığı damla sulama sisteminde 1044 g ve en düşük yüzey altı damla sulama sisteminde 711 g saptanmıştır. Meyve boyutları ile meyve ağırlığı arasında önemli istatistik ilişki elde edilmiştir (Şekil 3).

Şekil 3. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Ortalama Meyve Ağırlığına Etkisi, Meyve Boyutları ile Meyve Ağırlığı İlişkisi



Meyve boyu ile meyve çapının çarpımının kare kökü ile meyve ağırlığı arasında kuvvetli korelasyon belirlenmiştir. Söz konusu polinom ilişkisinde her iki sulama sisteminde meyve boyutlarının artmasıyla birlikte meyve ağırlığı artmasına karşın meyve ağırlığı artış oranında düşmüştür. İri kabak meyveleri

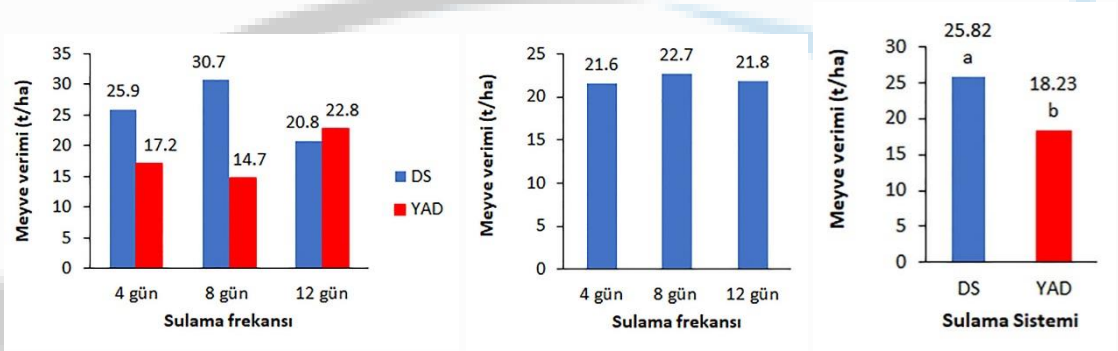
orta kısmında meydana gelen boş hacmin iri meyvelerde daha büyük olması nedeniyle meyve ağırlığı artış oranı azalmıştır.

İbrahim ve Selim (2007) tarafından sakız kabağı killi tınlı toprakta 8, 12 ve 16 gün frekanslarında sulanmış ve 1.yıl ortalama meyve ağırlığı 136, 131 ve 118 g, 2.yıl 140, 136 ve 122 g saptanmıştır. 2017 yılında Kayseri'de çerezlik kabak bitkisinde görsel yaprak turgor kaybına bağlı sulama zamanlamasının incelendiği bir çalışmada, nötronmetre, tansiyometre ve görsel yaprak turgor kaybına göre 3 farklı şekilde sulanan çerezlik kabak bitkisinin, meyve ağırlığı 2-3.28 kg arasında değişmiş ve ortalama meyve ağırlığı ise 2.70 kg olarak saptamıştır (Ünlükara vd.,2019). Kabak çeşitlerine göre meyve şekilleri, meyve boyutları ve meyve ağrılıkları değişebilmektedir.

3.2.4 Meyve Verimi

Denemede ortalama 22.03 t/ha olan meyve verimi 14.7-30.7 t/ha arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 4). Meyve verimindeki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının etkisi önemli çıkmamasına karşın farklı damla sulama sistemlerinin etkisi önemli bulunmuştur. Farklı sulama frekanslarına göre meyve ağırlığı 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 21.6, 22.7 ve 21.8 t/ha bulunmuştur. En büyük meyve ağırlığı damla sulama sisteminde 25.82 t/ha ve en düşük yüzey altı damla sulama sisteminde 18.23 t/ha saptanmıştır. Yüzey altı damla sulama laterallerinin 20 cm kadar bir derinliğe yerleştirilmesi nedeniyle motorlu çapa makinası ile değil el ile çapalama yapılmış ve tohum ekimi öncesi toprak iyice yumuşatılamamıştır. Bu durum meyve verimi açısından yüzey altı damla sulama sisteminin daha geride kalmasına yol açmıştır.

Şekil 4. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Meyve Verimine Etkisi



Çerezlik kabak sulamalarında etkili kök derinliği genelde 0.6 m alınması ve toplam kullanılabilir nemin %50'si tüketilmeden sulanması önerilmektedir (Allen vd., 1998; Kırnak vd., 2019). Bu durumda etkili kök derinliği için toplam kullanılabilir nem 94 mm ve bunun %50'si ise 47 mm'dir. En geniş sulama aralığı konusu olan 12 günlük sulama konusunda bile tek seferde en yüksek uygulanan su miktarı 51 mm olup bu durum bitkinin çok hafif bir su stresi etkisinde kaldığını göstermektedir. Dolayısıyla sulama konuları arasında önemli bir fark ortaya çıkmamıştır.

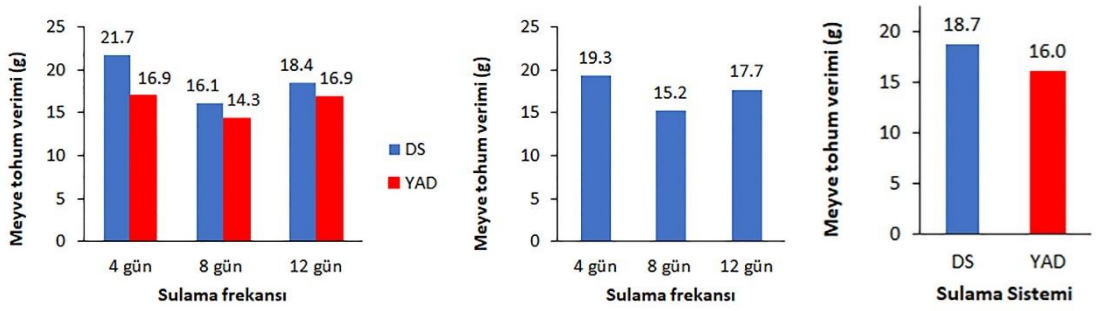
3.3. Tohum Verimi ve Tohum Özellikleri

Yüzey altı damla sulama ve damla sulama sistemleri kullanılarak uygulanan farklı sulama rejimlerinin sulama konularına göre tohum verimine etkisi incelenmiş ve aşağıda belirtilmiştir**.**

3.3.1. Meyve ve Bitki Tohum Verimi

Denemede ortalama 17.4 g olan meyve tohum verimi 14.3-21.7 g arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 5). Meyve tohum verimindeki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının ve sulama sistemlerinin etkisi önemli çıkmamıştır. Farklı sulama frekanslarına göre meyve tohum verimi 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 19.3, 15.2 ve 17.7 g, damla sulama sisteminde 18.7 g ve yüzey altı damla sulama sisteminde 16 g saptanmıştır.

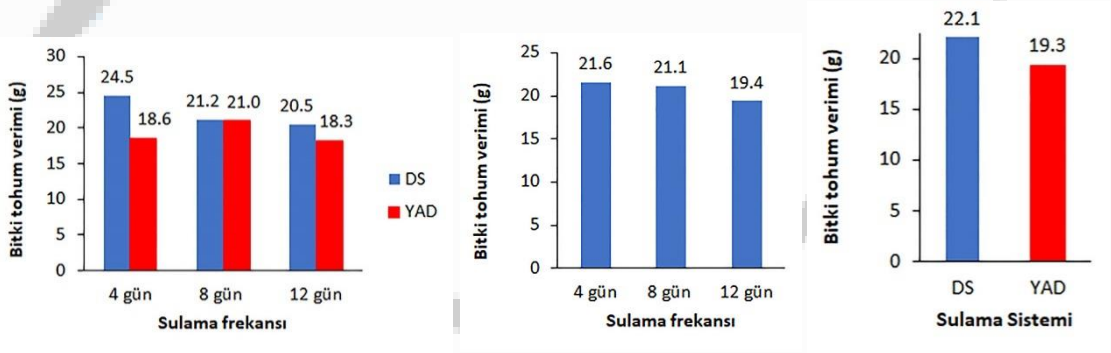
Şekil 5. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Meyve Tohum Verimine Etkisi, Meyve Ağırlığı ve Tohum Verimi Arasındaki İlişki



2012 ve 2013 yıllarında, Erzurum şartlarında, farklı yerlerden elde edilen 9 farklı çerezlik kabak genotipinin adaptasyonun, verim ve kalitesinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada meyve başına ilk yıl 54.74 g, ikinci yıl ise 71.44 g ortalama tohum verimi alındığı belirtilmiştir (Turgut, 2015).

Denemede ortalama 20.7 g olan bitki tohum verimi 18.3-24.5 g arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 6). Bitki tohum verimindeki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının ve sulama sistemlerinin etkisi önemli çıkmamıştır. Farklı sulama frekanslarına göre meyve tohum verimi 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 21.6, 21.1 ve 19.4 g, damla sulama sisteminde 22.1 g ve yüzey altı damla sulama sisteminde 19.3 g saptanmıştır. Kayseri'de 2015-2016 yetiştirme döneminde yapılan bir çalışmada, bitki net tohum verimi 48.0-91.0 g arasında değişmiş, bir bitkiden ortalama 66.0 g tohum verimi elde edilmiştir (Ünlükara ve Bakır, 2018).

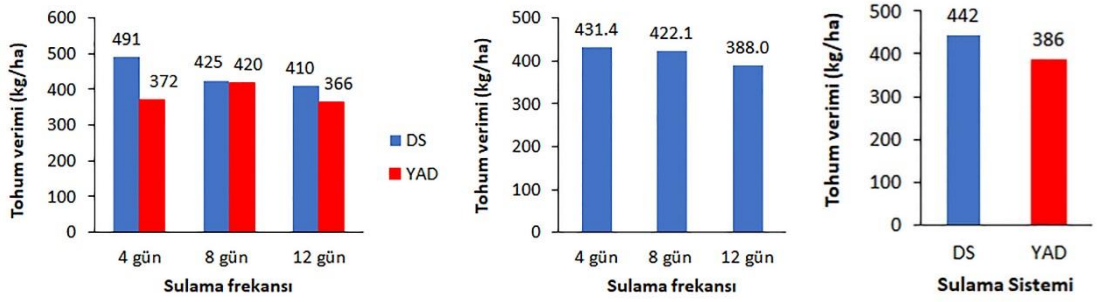
Şekil 6. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Bitki Tohum Verimine Etkisi



3.3.3. Tohum Verimi

Çerezlik kabak yetiştiriciliğinde amaç çerezlik kabak tohum üretimidir. Denemede ortalama 413.9 kg/ha olan tohum verimi 366-491 kg/ha arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 7). Birim alan tohum verimindeki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının ve sulama sistemlerinin etkisi önemli çıkmamıştır. Farklı sulama frekanslarına göre tohum verimi 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 431.4, 422.1 ve 388 kg/ha, damla sulama sisteminde 442 kg/ha ve yüzey altı damla sulama sisteminde 386 kg/ha saptanmıştır.

Şekil 7. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Tohum Verimine Etkisi

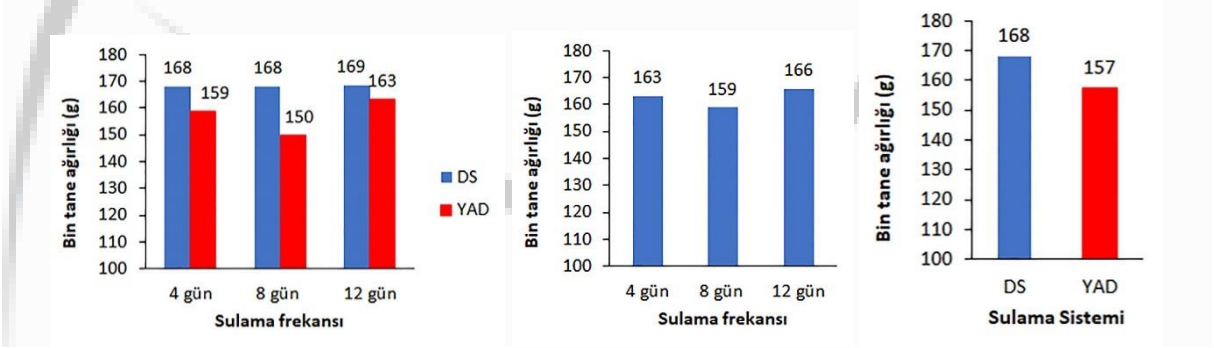


2013 ve 2015 yıllarında sırt-karık yağmur suyu hasadı tekniği ile yarı kurak Develi şartlarında yapılan bir çalışmada, 2013 yılında en yüksek tohum verimi 1 m ve 1.2 m bitki sıra arası konular için sırasıyla 202 kg/ha ve 208 kg/ha, en düşük tohum verimi ise kontrol konusundan 55 kg/ha olarak elde edilmiş. 2015 yılında ise 1 m bitki sıra arasına sahip konudan 660 kg/ha ile en yüksek, 0.8 m bitki sıra arasına sahip konudan 397 kg/ha ile en düşük verim elde etmişlerdir (Ünlükara vd, 2021). Ancak Ghanbari vd. (2007) 7, 14 ve 21 gün sulama aralığında çerezlik kabaktan 170.1, 83 ve 48.1 kg/da tohum verimi almışlardır.

3.4. Bin tane ağırlığı

Denemede ortalama 162.8 g olan bin tane ağırlığı 150-169 g arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 8). Bin tane ağırlığındaki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının ve sulama sistemlerinin etkisi önemli bulunmamıştır. Farklı sulama frekanslarına göre bin tanen ağırlığı 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla163, 159 ve 166 g, damla sulama sisteminde 168 g ve yüzey altı damla sulama sisteminde 157 g saptanmıştır.

Şekil 8. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Bin Tane Ağırlığına Etkisi



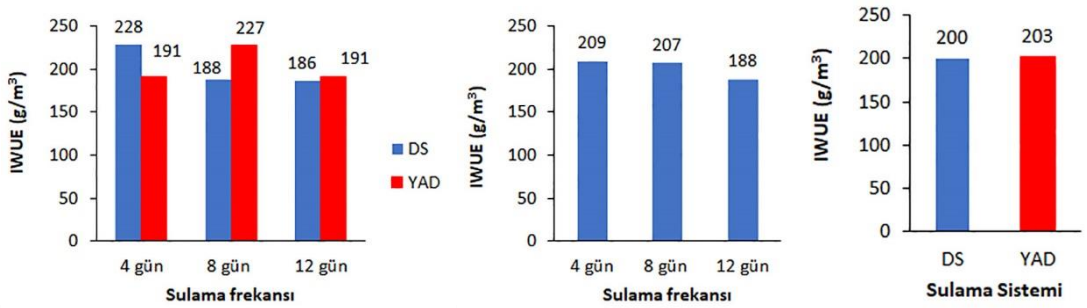
2013 ve 2015 yıllarında yağmur suyu hasadı tekniği ile yarı kurak koşullarda çerezlik kabak üretiminin gerçekleştiği bir çalışmada, farklı sıra aralıklarının uygulandığı konulara göre bin tane ağırlıkları; 2013 yılında en yüksek bin tane ağırlığı 1.2 m bitki sıra aralarına sahip konudan 210 g ve en düşük ise kontrol olarak dikkate alınan geleneksel tarım konusundan 156 g saptanmıştır. Denemenin 2.yılında yılında sırt-karık yağmur suyu tekniğinde 1.2 m bitki sırası konusunda 264 g, 0.8 m bitki sırası konusundan 190 g olarak belirlenmiştir (Ünlükara vd.,2021). Amer (2011) tarafından yapılan çok yıllık çalışmada karık ve damla sulamayla sulanan kabaklarda bin tane ağırlığı sırayla 123 g ve 137 g elde edildiği bildirilmiştir.

3.3.5. Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE)

Denemede 1 m^3 sulama suyuna karşılık ortalama 202 g tohum üretimi gerçekleşmiştir. Ortalama IWUE 186-228 g arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 8). IWUE'nin bu değişkenliği üzerine sulama frekanslarının ve sulama sistemlerinin etkisi önemli bulunmamıştır. Farklı sulama frekanslarına göre

IWUE 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 209, 207 ve 188 g, damla sulama sisteminde 200 g ve yüzey altı damla sulama sisteminde 203 g saptanmıştır.

Şekil 9. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Sulama Suyu Kullanımına Etkisi



Ürgüp Sivrisi popülasyonu ile Konya' da yapılan bir çalışmada, sulama yapılmayan konu haricinde sulama suyu kullanım etkinliği değerleri 1.yıl yılında 0.24-0.44 arasında, 2.yıl ise 0.24-0.29 arasında değiştiği saptanmıştır. Denemenin 1.yılında sulama suyu kullanım etkinliği önemli derecede yüksek bulunmuştur (Seymen vd, 2016).

Sonuç ve Öneriler

Su tutma kapasitesi yüksek topraklarda sık sulamanın bitki verimine ve tohum kalitesine olumlu bir etkisi olmamıştır. Bu nedenle su tutma kapasitesi düşük kumlu topraklar dışında sık sulama uygulamaları sulama işçiliğini ve su tüketimini artırdığı gibi bitki hastalıklarını teşvik etmekte ve zaman kaybına yol açmaktadır.

Sulama yönetimi için toprakların su tutma özellikleri saptanmalı, bitki çeşidine, bitki gelişimine ve iklim koşullarına göre uygun sulama frekansları kullanılmalıdır.

Yüzey altı damla sulamada beklenilen faydanın sağlanabilmesi için toprak altı boru şebekesinin toprak işlemesini engellemeyecği derinliğe yerleştirilmesi önerilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından Yüksek Lisans Tez Projesi olarak FYL-2021-11117 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

AL-OMRAN, A.M., SHETA, A.S., FLATAH, A.M., AL-HARBİ, A.R., 2005. Effect of drip irrigation on squash (*Cucurbita pepo*) yield and water-use efficiency in sandy calcareous amended with clay deposits. 73: 43-55.

AMER, K.H., 2011. Effect of irrigation method and quantity on squash yield and quality. Agricultural Water Management, 98: 1197-1206.

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M., 1998. Crop Evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Rome, 300 pp.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W., 1989. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rome.

ÇAKIR, R., 1996. Trakya Koşullarında Yetiştirilen Çekirdeklik Kabağın Su Tüketimi. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1995, Ankara, 281-296.

GHANBARI, A., NADJAFI, F., SHABAHANG, J., 2007. Effects of irrigation regimes and row arrangement on yield, yield compenents and seed quality of pumpkin (Cucurbita pepo L.). Asian Journal of Plant Sciences, 6 (7): 1072-1079.

HESS M., BİLL M., JASON S., JOHN S., 1997. Oregon State University Western Oregon Squash Irrigation Guide, vol. 541. Department of Bioresource Engineering, Corvallis, OR, pp. 737-6304.

HOWELL T.A., CUENCA R.H., SOLOMON K.H., 1992. Crop Yield Response. In: Hoffman G.J., Howell T.A., Solomon K.H. (eds), Management of Farm Irrigation Systems. The American Society of Agricultural Engineers. 93-124 pp.

IBRAHIM, E., A., SELIM, E., M., 2007. Effects of irrigation intervals and nitrogen fertilizer rates on summer squash (*Cucurbita pepo* L.) growth, yield, nutritional status and water use efficiency. Journal of Plant Production, 32 (12): 10333-10345.

KIRNAK, H., ÜNLÜKARA, A., İRİK, H.A., YETİŞİR, H., 2016. Water-yield relationship on pumpkin, International conference on natural science and engineering. Kilis 7 Aralık Üniversitesi 833-842 pp 19-20 March 2016, Kilis.

MGM, 2022. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KAYSERI, Erişim Tarihi: 22.12.2022

PAKSOY M, AYDİN C., 2004. Some physical properties of edible squash (*Cucurbita pepo L.*) seeds. Journal of Food Engineering, 65: 225-231.

RICHARD M., JOSE A., MARK G., KEITH M., 2002. Spring Squash Production in California. Vegetable Research and Information Center, Vegetable Reproduction Series, California, Publication 7245.

SEYMEN, M., YAVUZ, D., YAVUZ, N., TÜRKMEN, Ö., 2016. Effect on Yield and Yield Compenents of Different Irrigation Levels in Edible Seed Pumpkin Growing. International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering, 10 (5): 275-278.

SUNULU S., YAĞCIOĞLU M., 2014. Kayseri Çerezlik Kabak Raporu. Çerezlik Kabak Çalıştayı, 26-24 Kasım, Kayseri. 69-80.

ÜNLÜKARA, A., 2014. Kabak Su İlişkileri ve Sulama Stratejisi. Çerezlik Kabak Çalıştayı, 26-24 Kasım, Kayseri. 69-80.

ÜNLÜKARA, A., BAHÇIVAN, M., YILDIZ, D., ERTAŞ D., 2019. Çerezlik Kabakta Yaprak Görsel Turgor Kaybına Bağlı Sulama Zamanlaması. International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference 24-27 Nisan 2019. Erciyes Üniversitesi, Kayseri. 599-608.

ÜNLÜKARA, A., BAKIR R., 2018. Birinci ve İkinci Ürün Çerezlik Kabağın (*Cucurbita pepo* L.) Su Kullanımı ve Veriminin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, I. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı: 309-318.

ÜNLÜKARA, A., 2014. Referans Evapotranspirasyon Hesaplamalarında Solar Radyasyon Yoğunluğu ve Nispi Güneşlenme Verilerinin Kullanımı. 12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs Tekirdağ, 84-89.

YANMAZ R., 2014. Türkiye'nin çerezlik kabak potansiyeli, Çerezlik Kabak Çalıştayı, İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 26-27 Kasım, Kayseri.

YANMAZ R. , DÜZELTİR B., 2003. Çekirdek Kabak Yetiştiriciliği. Türk-Koop. Ekin, Tarım Kredi Kooperatifi Merkezi Bilgi Yayınları; 26: 22-24.

YAVUZ D., SEYMEN M., YAVUZ N., TÜRKMEN Ö., 2015. Effects of irrigation interval and quantity of the yield and quality of confectionary pumpkin grown under field conditions. Agricultural Water Management (159): 290-298.

YILDIRIM O., 2013. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1594, Ders Kitabı: 546, Ankara.

Presentation ID / Sunum No: 76

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-2720-5685

Ortodonti Alanında Kullanılan Tıpkı Elmas Karbon(Dlc) Kaplamaların Korozyon Direnci

Doç.Dr. Şengül Danışman[1], Araştırmacı Canan Doğan[1],
Dr. Öğretim Üyesi Hikmetnur Danışman[2]
[1]Erciyes Üniversitesi
[2]Nuh Naci Yazgan üniversitesi

*Corresponding author: Canan Doğan

Özet: *Ağız ortamında kullanılan malzemelerin korozyon direnci, ortodontistlerin hastaları için metal aparey seçerken dikkate almaları gereken önemli bir faktördür. Ortodontik tedavi uzun süreli olduğu için tedavi sırasında kullanılan braket-ark telinin homojenliği, imalat işlemleri, yüzey kalitesi korozyon direnci bakımından en kritik faktörler olarak gösterilmektedir. Braket-ark telinin ağız ortam şartlarına bağlı olarak korozyona uğrama eğilimleri vardır. Bu nedenle korozyon dirençlerinin iyileştirilmesine yönelik yüzey kaplama uygulamaları önemli olmaktadır. Son yıllarda biyo malzemelerde kullanılan kaplama türleri arasında tıpkı elmas karbon kaplamalar (DLC) öne çıkmaya başlamıştır. DLC kaplamalar, yüksek korozyon direnci, düşük aşınma oranları ve iyi yapışma kabiliyetine sahiptir. Bu çalışma PVD (Fiziksel Buhar Biriktirme) kaplama tekniği ile kaplanmış DLC kaplamaların korozyon davranışlarını incelemektedir. DLC kaplamaların korozyona karşı yüksek direnç göstererek ortam şartlarında uyumlu çalışabildikleri ortaya çıkmaktadır.*

Anahtar Kelimeler: *Dlc Kaplama, Korozyon, Braket-Ark Teli*

Corrosıon Resıstance of Dıamond Carbon(Dlc) Coatıngs Used in Orthodontıcs

Abstract*: The corrosion resistance of materials used in the oral environment is an important factor that orthodontists should consider when choosing metal appliances for their patients. Since orthodontic treatment is long-term, homogeneity of bracket-arch wire used during treatment, manufacturing processes, surface quality are shown as the most critical factors in terms of corrosion resistance. Bracket-arch wire has a tendency to corrode depending on the ambient conditions of the mouth. Therefore, surface coating applications to improve corrosion resistance are important. In recent years, diamond carbon coatings (DLC) have come to the fore among the coating types used in biomaterials. DLC coatings have high corrosion resistance, low wear rates and good adhesion. This study examines the corrosion behavior of DLC coatings coated with PVD (Physical Vapor Deposition) coating technique. It turns out that DLC coatings show high resistance to corrosion and work harmoniously under ambient conditions.*

Keywords: *Dlc Coating, Corrosion. Bracket-Arcwire*

Giriş

Günümüzde malzemelerin kullanım yerleri ve kullanım amaçları nedeniyle çeşitli özelliklerinin incelenmesi ve iyileştirilmesi önem kazanmaktadır. Malzemenin mevcut mekanik, kimyasal, tribolojik vb. özelliklerinin yanı sıra kullanım yerleri nedeniyle sahip olması gereken davranışları kazandırmak için yüzey kaplama teknikleri yaygın olarak kullanılmakta ve yeni teknolojiler geliştirilmektedir [1-4].

Malzemelerin kullanım yerlerine göre çeşitli özellikleri ön plana çıkmaktadır. Dişlerin yapısal bozukluğu, çene yapısında görülen çarpıklıklar vb. durumların tedavisinde kullanılan braket ve ark telleri için ön plana çıkan bu özelliklerden birisi kimyasal kararlılık yani yüksek korozyon dayanımıdır. Ağız içerisinde kullanılan braket ve ark tellerinin vücutta yer alan çeşitli organik ve inorganik

moleküller, sıvılar, tükürük, sıcaklık vb. altında korozyona uğraması hem tedaviyi olumsuz etkilemekte olup hem de vücuda zararlı olabilecek metal iyon salınımlarına yol açabilmektedir [5].

Bu nedenle ağız içerisinde kullanılacak metal malzemelerin korozyon dirençlerinin yüksek olması ve bulundukları ortamda yüksek kimyasal kararlılık göstermeleri beklenmektedir. Braket ve ark teli ile yapılan bu tedavilerde korozyon ve zararlı etkilerinin önlenebilmesi için braket ve ark tellerinin kaplanması bu çalışmanın konusu olup magnetron sıçratma yöntemi aracılığıyla DLC kaplama uygulanmış ve kaplanmamış braketler korozyon davranışları açısından karşılaştırılmıştır.

DLC kaplamalar, düşük sürtünme katsayısı, biyouyumluluk, iyi korozyon direnci ve aşınma önleyici gibi mükemmel özellikleri nedeniyle biyomedikal alanda önem kazanmıştır [6]. DLC kaplamalar başlıca ortopedik implantlarda, biyouyumlulukları ile başarılı olmuş, korozyon sebebiyle ortaya çıkan iyon salınımlarını azaltmıştır [7-12].

DLC kaplamalar Kimyasal buhar biriktirme (CVD) ve Fiziksel buhar biriktirme (PVD) yöntemleriyle elde edilebilir [10,13]. Bunlar içerisinde PVD tekniğinin magnetron sıçratma metodu sağladığı mekanik özelliklerle avantaj sağlar [2-4, 6, 14,15].

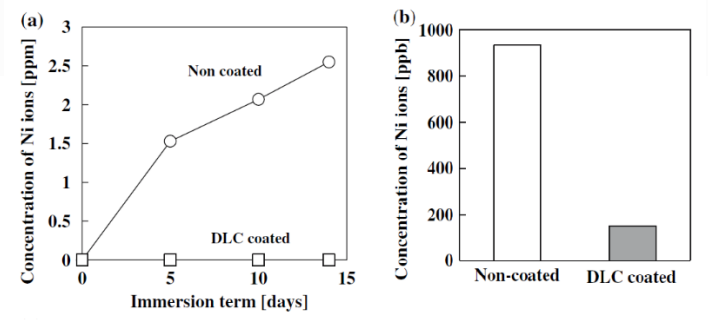
Korozyon her zaman metallerin doğadaki kararlı hallerine dönme eğilimlerinden kaynaklanır. Biyolojik ortama maruz kalan implantlar hem korozyona hem de çevrimsel yüklerin etkisiyle mekanik özellik kaybına uğrarlar. Korozyon ürünleri ortam pH'ını değiştirir ve başka reaksiyonların gerçeklemesine de neden olur [16].

Farklı alanlarda önemli avantajlar sunan DLC kaplama tekniğinin incelenmesi, braket ve ark tellerinin korozyon davranışlarının anlaşılması ve DLC kaplamanın kimyasal kararlılık üzerindeki etkilerinin anlaşılabilmesi için bu çalışma önem arz etmektedir. Bu çalışmada braketlere uygulanan DLC kaplamanın korozyon deneyleri kapsamında Tafel Ekstrapolasyonu yapılarak korozyon direncine etkisi incelenmiştir.

Önceki Çalışmalar

Alaşımların bileşimi, mikro yapısı, korozyon davranışları ve alaşımlardan element salınımı gibi faktörler direk olarak metal alaşımlarının biyouyumluluk karakterlerini etkilemektedir. Kullanılacak malzemenin bu şartlara uyumlu ve kararlı yapıda olması beklenmektedir. Bu nedenle günümüzde kullanılan metal alaşımlı malzemelerin yapısının kararlı hale getirilmesi veya kararlı yapıda kaplamalarla olası etkilerin ortadan kaldırılması için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir [17].

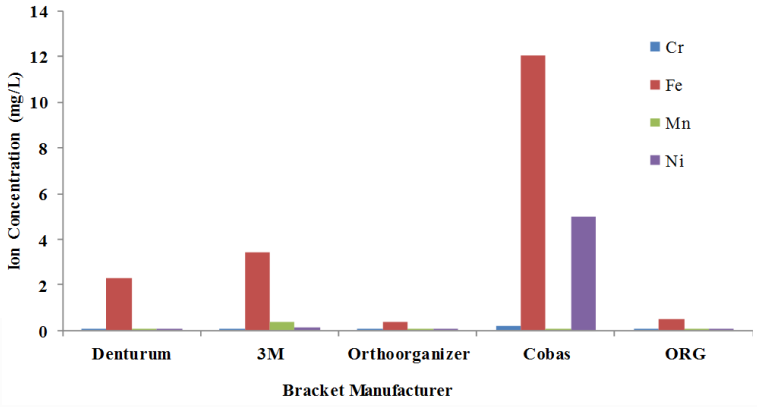
Kobayashi ve arkadaşları çalışmalarında nikel iyon salınımının engellenmesi için NiTi ark tellerine DLC kaplama işlemi yapmışlardır. Daha sonra kaplamalı ve kaplamasız numuneler 6 ay boyunca 37 °C sıcaklıkta fizyolojik serum çözeltisi içerisinde bekletilmiştir. DLC kaplanan NiTi alaşımından nikel salınımının kaplamasız NiTi alaşımına oranla 6 kat azaldığı ortaya konulmuştur. Çalışma sonuçları ile ilgili grafikler Şekil 1'de görülmektedir [18].



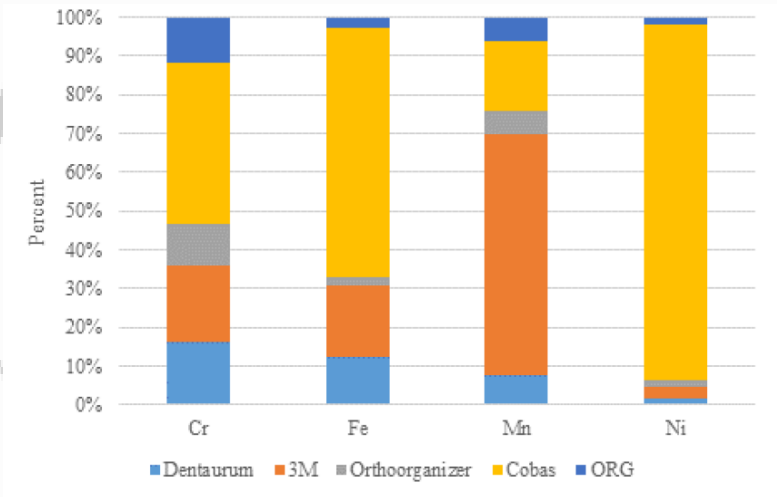
Şekil 1: a)DLC kaplanmış ve kaplamasız numunelerin gün bazında iyon salınımı, b) DLC kaplanmış ve kaplamasız numunelerin 6 ay sonrasında iyon salınımı [18].

Yapılan bir başka çalışmada Behroozi ve arkadaşları braketlerin korozyon davranışı üzerinde çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada 5 farklı markaya ait braketler 6 hafta boyunca 37 °C sıcaklıkta yapay saliva içerisinde bekletilmişlerdir. Daha sonra 5-55 °C aralığında sıcaklıklarda da bekletilerek ağız içi

ortamdaki sıcaklık değişimleri simüle edilmeye çalışılmıştır. Deney sonucunda braketlerin iyon salınımları incelenmiş her numuneden farklı oranlarda demir, krom, nikel ve manganez iyon salınımı gözlenmiştir. Deney sonuçlarına ait grafikler Şekil 2 ve Şekil 3'te görülmektedir [19].

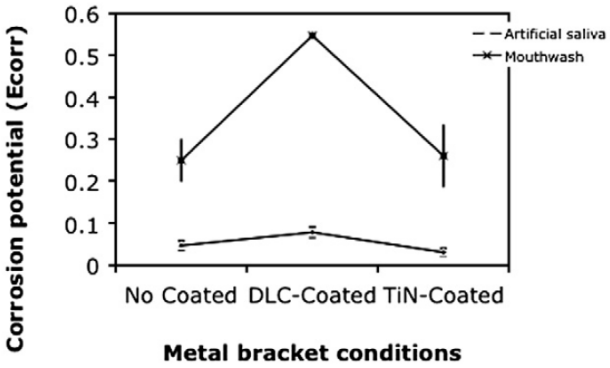


Şekil 2: Farklı marka braketlerin iyon salınım miktarları [19].



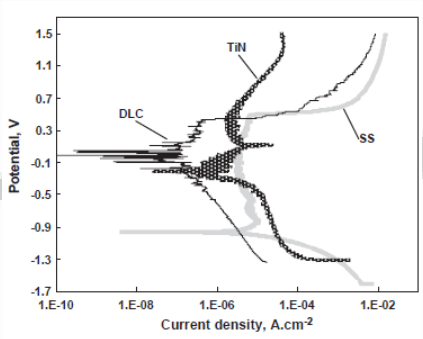
Şekil 3: Farklı marka braketlerin iyon salınım yüzdeleri [19].

Huang ve arkadaşlarının yapmış olduğu başka bir çalışmada ise kaplamasız, DLC kaplı ve TiN kaplı braketlerin sürtünme davranışları ve korozyon davranışları incelenmiştir. Numuneler yapay saliva ve gargara çözeltisi içerisinde elektrokimyasal korozyona tabi tutulmuştur. Deney sonucunda yapılan kıyaslamalara göre DLC kaplı numunelerin korozyon potansiyelleri ve dolayısıyla korozyon dirençleri TiN kaplı ve kaplamasız numunelerden daha yüksek çıkmıştır. Deney sonuçlarına ait grafik Şekil 4'te görülmektedir [20].



Şekil 4: DLC, TiN kaplanmış ve kaplanmamış braketlerin yapay saliva ve gargara sıvısı içerisindeki korozyon potansiyelleri [20].

Wang çalışmasında TiN ve DLC kaplanmış paslanmaz çeliklerin simüle edilmiş vücut sıvısı ortamındaki korozyon, tribolojik ve yorulma davranışlarını incelemiştir. Çalışma kapsamında korozyon testleri, tribolojik testler ve yorulma testleri gerçekleştirilmiştir. Korozyon testleri kapsamında kaplanmış ve kaplanmamış numunelerin korozyon davranışları potansiyodinamik polarizasyon korozyon testi ile incelenmiştir. Tribolojik özelliklerin incelenmesi için ise pin on disc tribometre kullanılmıştır. Yorulma dayanımlarının belirlenmesi için ise 700 N yük altında 10000 çevrim ile testler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre TiN ve DLC kaplamalı numuneler kaplamasız olanlara kıyasla vücut sıvılı ortamda daha iyi korozyon direnci gösterdiği görülmektedir. Tafel eğrileri Şekil 5'te görülmektedir. Kaplamalı numuneler aşınma pin on disc test sonuçlarında da vücut sıvılı ortamda kaplanmamış numunelerden daha iyi sonuçlar vermişlerdir. Yorulma testine göre ise 10000 çevrim sonunda TiN kaplamalı numunelerde yorulma gözlenirken DLC kaplamalı numunelerde gözlenmemiş olup DLC kaplamaların daha iyi yorulma direncine sahip oldukları gösterilmiştir [21].



Şekil 5: DLC, TiN kaplanmış ve kaplamasız SS316L çeliğin potansiyodinamik polarizasyon eğrileri [21].

DLC kaplamaların korozyon davranışları üzerinde kaplama kalınlığı etkilidir. Kaplama kalınlık artışı korozyon direncini artırır. DLC kaplamanın yapısındaki sp^3 bağları, sertlik, korozyon direnci, aşınma davranışı üzerinde iyileştirici etki yapar [22].

Materyal ve Metot

Bu çalışmada ortodontik tedavide kullanılan braketlerin korozyon davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Kullanılan braket numunesi Şekil 6'da örneği gösterilen Forestadent marka 0,22 inç slot paslanmaz çelik sağ üst kanin brakettir. Paslanmaz çelik braketlerin üzeri PVD yöntemiyle DLC ile kaplanmıştır ve çalışmalar kapsamında kaplamalı ve kaplamasız numuneler kullanılmıştır.



Şekil 6: Kullanılan braket numunesinin örneği [23]

Numunelerin elektrokimyasal korozyon testleri öncesinde Bandelin marka sonorex ultrasonik banyoda yüzey temizlik işlemleri yapılmıştır.

Elektrokimyasal korozyon deneylerinde braket kullanımının efektif bir şekilde simüle edilebilmesi için yapay tükürük sıvısı deney ortamı olarak kullanılmıştır. Kullanılan yapay tükürüğün bileşimi Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: 1000 ml distile su için yapay tükürük solüsyonu bileşimi

Bileşim	**Miktar(g)**
Askorbik asit	0,002
Glukoz	0,030
NaCI	0,580
$CaCI_2$	0,170
NH_4CI	0,160
KCI	1,270
NaSCN	0,160
KH_2PO_4	0,330
Üre	0,200
Na_2HPO_4	0,340
PH:6,5	

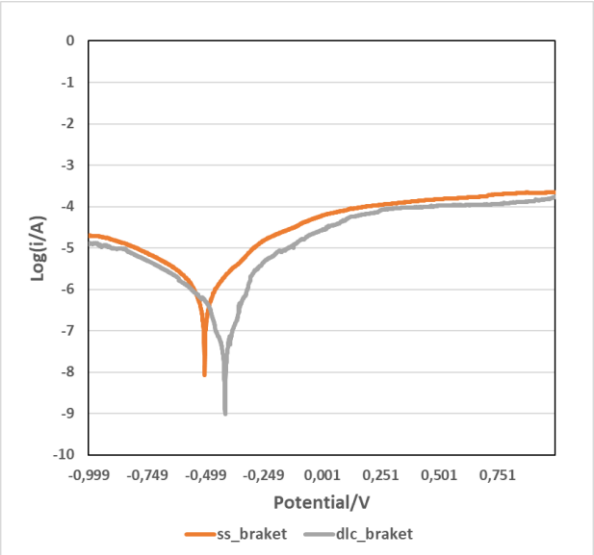
Öncelikle numuneler yapay tükürük ortamında deneye tabi tutulacağından test bölgesi dışındaki yüzeyler dental wax ile sıvı ortamından yalıtılmıştır. Elektrokimyasal korozyon deneyleri için 3 elektrotlu bir korozyon hücresi oluşturulmuştur. Deneyde counter elektrot olarak platin, referans elektrot olarak Ag/AgCI kullanılmıştır. Çalışma elektrodu ise braketlerden oluşmaktadır. Korozyon deneyleri CH Instrument Potansiyostat cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Numunelerin elektrokimyasal korozyon ölçümleri Tafel Ekstrapolasyon yöntemi ile yapılmıştır. Tafel ekstrapolasyonu yöntemi çok küçük korozyon hızlarının doğru ve kısa sürede ölçülmesinde kullanılan en genel yöntemlerden biridir.

Testler ağız ortamını simüle etmek amacıyla 37 °C sıcaklıkta yapılmıştır. Sıcaklığın sabit tutulabilmesi amacıyla Heto marka su banyosu kullanılmıştır. Tafel ölçümleri ise 0,01 V/s tarama hızı ile (1) - (-1) V aralığında yapılmıştır.

Sonuçlar

Tafel datalarında da DLC kaplı braketin korozyon akım değerinin (1,19E-07 A), kaplamasız braketin korozyon akım değerinden (9,04E-07 A) daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Korozyon akım değerinin düşük olması malzemenin daha az korozyona uğradığını dolayısıyla korozyon direncinin daha yüksek olduğunu göstermektedir (Şekil 7).

DLC kaplı braketin korozyon potansiyeli (-0,41 V) kaplamasız braketin korozyon potansiyelinden (-0,5 V) daha yüksek çıkmıştır (Şekil 7).



Şekil 7: Kaplamalı ve kaplamasız braketlerin Tafel eğrileri

Bütün bu çalışmalar sonucunda DLC kaplamaların korozyon davranışı incelendiğinde, kaplamasız olanlara göre DLC kaplamalı taban malzemelerin korozyon potansiyellerinin daha yüksek, korozyon akımlarının ise daha düşük olduğu ortaya çıkmaktadır. Korozyon akımı ve potansiyelin korozyon hızıyla doğrudan ilişkili olduğu dikkate alındığında DLC kaplı taban malzemelerin korozyon direncinin kaplamasız taban malzemelere göre yüksek çıktığı, kaplama yüzeyinin korozyona karşı etkin koruyucu özellik sağladığı görülmektedir. İlerleyen zamanlarda sağlık alanında DLC kaplamaların etkisinin daha fazla olacağını göstermektedir.

Kaynaklar

[1] Grill A., Diamond-like carbon coatings as biocompatible materials an overview, Diamond and Related Materials, Vol. 12, pp. 166–170, 2003.

[2] Danışman Ş., Ti6Al4V Alaşımının Korozyon Davranışı ve Islanabilirliği Üzerine İnce Film Kaplamaların Etkisi, ISIMSIT 2017 Kasım TOKAT, sayfa 302-303.

[3] Danışman Ş, Savaş S., Bendeş O., Investigation of Wear Performance and Wettability Properties of Surface Coated M2 Tool Steel Tribology (BalkanTRib'17), Cappadocia/TURKEY, sayfa:764-773, 13-15 September 2017.

[4] Danışman Ş., Demirel T., Biyomedikal alanda PVD kaplamanın mekanik ve tribolojik özelliklere etkisi, Geleceğin Dünyasında Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar 2020 Mühendislik Bilimleri / 1, 12.Bölüm, Ekin basın yayın dağıtım, Mart 2020

[5] Hang R., S. Ma, P. K. Chu, Corrosion behavior of DLC-coated NiTi alloy in the presence of serum proteins, Diamond & Related Materials, vol. 19, pp.1230–1234, 2010.

[6] Du D., Liu D., et al., Fretting wear and fretting fatigue behaviors of diamond-like carbon and graphite-like carbon films deposited on Ti-6Al-4V alloy, Applied Surface Science, Vol. 313, pp. 462–469, 2014.

[7] Choudhury D., Urban F., et al., A novel tribological study on DLC-coated micro-dimpled orthopedics implant interface, journal of the mechanical behavior of biomedical materials, Vol.45, pp. 121–131, 2015.

[8] Suzuki A., Aiyama Y., et al., Friction and wear characteristics of hydrogenated diamond-like carbon films formed on the roughened stainless-steel surface, Wear, Vol. 269, pp. 118–124, 2010.

[9] Zhang T. F., Deng Q. Y., et al., Wear and corrosion properties of diamond like carbon (DLC) coating on stainless steel, Co, Cr, Mo and Ti6Al4V substrates, Surface & Coatings Technology, Vol. 273, pp. 12–19, 2015.

[10] Pieniak D., Łępickaa M., et al., Effect of mechanical properties of substrate and coating on wear performance of TiN- or DLC-coated 316LVM stainless steel, Wear, Vol. 382-383 pp. 62-70, 2017.

[11] Huang L., Xua K. et al., Nano-scratch and fretting wear study of DLC coatings for biomedical application, Diamond and Related Materials, Vol. 10, pp.1448-1456, 2001.

[12] Dalibon E. L., Escalada L. et al., Mechanical and corrosion behavior of thick and soft DLC coatings, Surface & Coatings Technology, Vol 312, pp.101–109, 2017.

[13] Liao T. T., Zhang T. F., et al., Biological responses of diamond-like carbon (DLC) films with different structures in biomedical application, Materials Science and Engineering, Vol. C 69, pp. 751–759, 2016.

[14] Wei Z., Tribological properties of DLC films prepared by magnetron sputtering, Physics Procedia, Vol. 18, pp. 274–278, 2011.

[15] Wua Y., Zhou S., et al., Comparative corrosion resistance properties between (Cu, Ce)-DLC and Ti co-doped (Cu, Ce) / Ti-DLC films prepared via magnetron sputtering method, Chemical Physics Letters, vol. 705, pp. 50–58, 2018.

[16] Danışman Ş., Savaş S., Işık G., Bendeş O., Özbekler A., Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılan Aşınma Dirençli Sert Seramik Kaplamalar, IV. Ulusal Biyomekanik Kongresi, Erzurum, ss.1-1, 16-17 Ekim 2008.

[17] Doğan M., Ulusoy Ç., Ortodontide biyouyumluluk, Acta Odontol Turc 2013;30(2):110-4

[18] Kobayashi S., Ohgoe Y., K. Ozeki, K. Hirakuri, H. Aoki, Dissolution effect and cytotoxicity of diamond-like carbon coatings on orthodontic archwires, J Mater Sci: Mater Med, 2007

[19] Behroozi Z., Shahla Momeni Danaei, Ali Reza Sardarian, Vahid Moshkelghosha, Ahmad Reza Sardarian, Evaluation of the Corrosion of Five Different Bracket-Archwire Combination: An In-vitro Analysis Using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, J Dent Shiraz Uni. Med Sci., 2016

[20] Huang Tsui-Hsien, Jia-Uei Guo, Chia- Tze Kao, A comparison of the friction associated with diamond-like carbon (DLC) or titanium nitride (TiN) plating metal brackets, Surface & Coatings Technology 205, 2010

[21] Wang L., J.F. Su, X. Nie, Corrosion and tribological properties and impact fatigue behaviors of TiN- and DLC-coated stainless steels in a simulated body fluid environment, Surface & Coatings Technology 205 (2010) 1599–1605

[22] Sharma R., P.K. Barhai, N. Kumari, Corrosion Resistant Behaviour of DLC Films, Thin Solid Films, vol. 516, pp. 5397–5403, 2008.].

[23] https://www.forestadent.com

Presentation ID / Sunum No: 129

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: Hande Otu Borlu : 0000-0002-0381-7345, Veli Çeliktaş: 0000-0001-7753-1422,
Halil Çakan: 0000-0002-8931-9653

Farklı Nikel Tuz ve Konsantrsayonlarının Ayçiçeği (Helianthus Annuus cv. cv. Ekllor) Fidelerinin Çimlenme Aşamasındaki Etkileri

Arş.Gör.Dr. Hande Otu Borlu[1], Dr. Öğretim Üyesi Veli Çeliktaş[2], Prof.Dr. Halil Çakan[1]
[1]Çukurova Üniversitesi
[2]Amasya Üniversitesi

**Corresponding Author: Hande Otu Borlu*

Özet: *Ağır metaller, farklı çevrelerde bulunan önemli kirleticilerdendirler. Nikel, yüksek konsantrasyonları yaşayan organizmalar üzerinde olumsuz etkiye sahip ağır metallerdendir. Bu çalışmada farklı nikel tuz ve konsantrasyonlarının ayçiçeği fideleri üzerindeki etkilerini araştırmak hedeflenmiştir. Bu amaçla, ayçiçeği (Helianthus annuus L. cv. Ekllor) tohumları, farklı konsantrasyonlarda (0, 100, 200, 500 ve 1000 ppm) NiSO4 ve NiCl2 tuz çözeltileri içeren petri kutularına ekilmiştir. Ekimin altıncı gününde fidecikler hasat edilmiştir. Her petri kutusundan rastgele seçilen dört bitkinin kök ve sürgün değerleri kaydedilmiştir. Özellikle 500 ve 1000 ppm nikel konsantrasyonları çimlenme indeksi; kök, sürgün ve kotiledon boylarını; sürgün ve kök taze ve kuru ağırlıklarını olumsuz etkilemiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Sunflower, Nickel, Germination, Coleoptile, Growth*

The Effects of Different Nickel Salts and Concentrations On Sunflower (Helianthus Annuus cv. cv. Ekllor) Seedlings' Germination Stage

Abstract *: Heavy metals are one of the important pollutants in different environments. Nickel is a heavy metal and high doses of this metal have adverse effects on living organisms. In this study, it was aimed to investigate the effects of different Nickel salts and concentrations on sunflower seedlings. For this purpose, the seeds of sunflower (Helianthus annuus L. cv. Ekllor) were sown in Petri dishes which contain varying levels of NiSO4 and NiCl2 (0, 100, 200, 500 and 1000 ppm). The plants were harvested at the sixth day of sowing. Random four seedlings were selected for each petri dish, and their shoot-root values were recorded. Especially 500 and 1000 ppm nickel doses affected adversely germination index, shoot- root and cotyledon lengths, shoot- root fresh and dry weights.*

Keywords: *Sunflower, Nickel, Germination, Cotyledon, Growth*

Introduction

Heavy metals, which cause a reduction in plant growth and affect human health, has become a serious environmental pollution problem). Nickel is one of the heavy metals that can be occurred in the environment by natural and anthropogenic ways (Ensink et al., 2002; Cempel & Nikel, 2006). Although Nickel is an essential element for plant growth and development (Rahman et al., 2005; Brown, 1987), it may cause toxicity in plants and animals in high concentrations (Hostynek et al., 2019). High nickel concentrations affect adversely some physiological processes such as photosynthesis, respiration, mineral nutrition, sugar transport and water relations (Seregin and Kozhevnikova, 2006).

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is a primary oilseed crop and grown globally because of its seeds contains 40–50% oil and, 17–20% protein (Hussain et al., 2018; Çiçek et al. 2019). According to FAOSTAT (2019), 27.368.766 ha area was harvested for sunflower production and 56.072.746 tonnes sunflower seed were obtained in the worldwide. Turkey is the 8th. country which grows sunflower mostly. Due to nickel abundance and contamination, sunflower may face to this metal. Doğru et

al.(2020) declared that, nickel causes decreasing of protein and carbohydrate content, restraint of catalase activity and reducing the yield. The purpose of this study was to research the germination stage of sunflower seedlings' that exposed to different Ni concentrations ($NiSO_4$ and $NiCl_2$).

Material and Method

The seeds of sunflower (cv. Ekllor) were used in this research. Firstly, seeds were surface sterilized with 5% (v/v) sodium hypochloride (NaClO) solution for 5 minutes and rinsed with distilled water (Ker and Charest, 2010; Ekmekçi et al.2020). Then 20 seeds were sown in petri dishes with filter papers.

Varying levels of $NiSO_4$ and $NiCl_2$ (0, 100, 200, 500 and 1000 ppm) were applied to germination mediums. The petri dishes were put in a controlled growth chamber, with a temperature regime of 25 ± 1 °C, a 16-h photoperiod (first 3 days in the dark), 40 ±5% humidity, and 200 µmol m^{-2} s^{-1} light intensity. Each application had 3 replications.

The germinated seeds were counted daily. A seed was considered germinated when radical emerged to 2 mm length (Nouri and Haddioui, 2021). Plants were harvested six days after sowing. Random four seedlings were selected for each petri dish, their shoot and root fresh weights and lengths, and also cotyledon lengths were recorded. Shoot and root tissues were oven-dried at 65°C for 72 h, for dry weight determination. Seed germination (percentage), germination index, and mean germination times were calculated with following formulas.

Germination percentage= (number of germinated seeds in the final day/number of tested seeds) × 100 (Ikić et al., 2012)

Germination indeks= ∑ Germination seeds at a given day/Day number

Mean germination time= ∑ (Day number*Number of newly germinated seeds at the observed day)/ ∑Number of newly germinated seeds at the observed day

Statistical data analysis

LSD test ($p<0,05$) was performed for data analysis by using SPSS 20.0 programme (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Results and Discussions

In $NiSO_4$ (Figure1) applications, no statistical differences were determined in germination percentage and average germination time. However, there is statistical importance among germination index values. In $NiCl_2$ applications, statistical differences were detected in germination percentage and germination index. There are no statistical differences in average germination time. Leon et al. (2005) declared that different nickel salts and concentrations increased the germination persentage of an endemic species *Grevillea exul* var. *rubiginosa*. Also, high nickel concentrations inhibited germination in radish (Yadav et al., 2009) and sunflower seedlings (Ahmad et al., 2009; Ashraf et al., 2011). The effects of different nickel applications on sunflower morphology are seen in Figure 2.

Figure 1. Effects of Different Nickel Applications on The Germination Parameters of Sunflower Seedlings. Error Bars in Figure Represent Standart Deaviation Value.

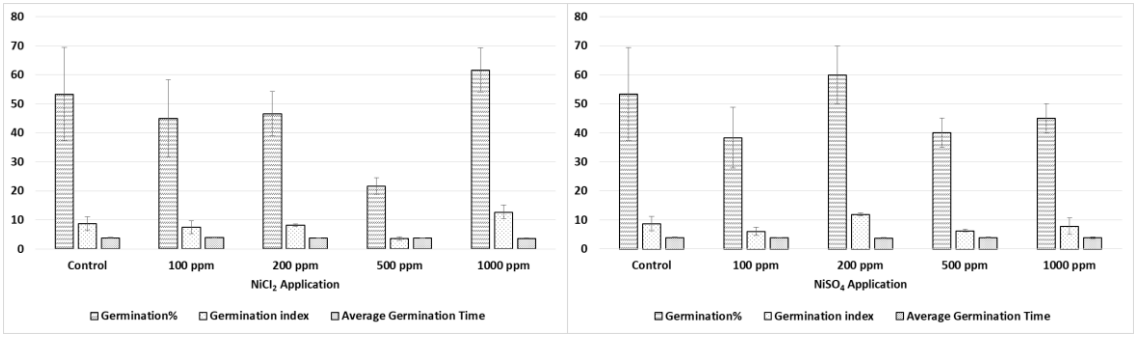
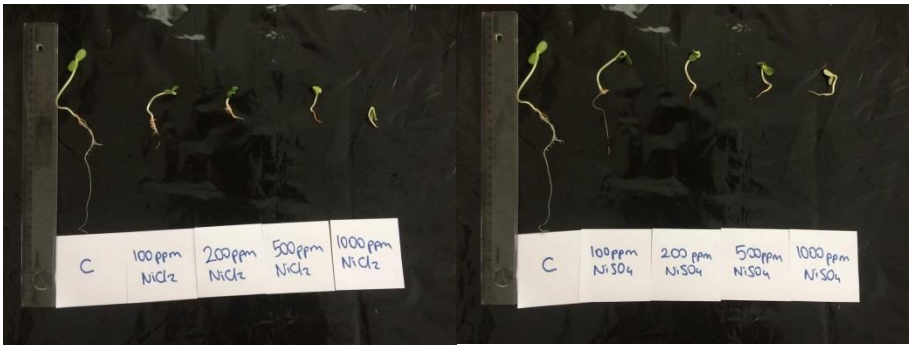
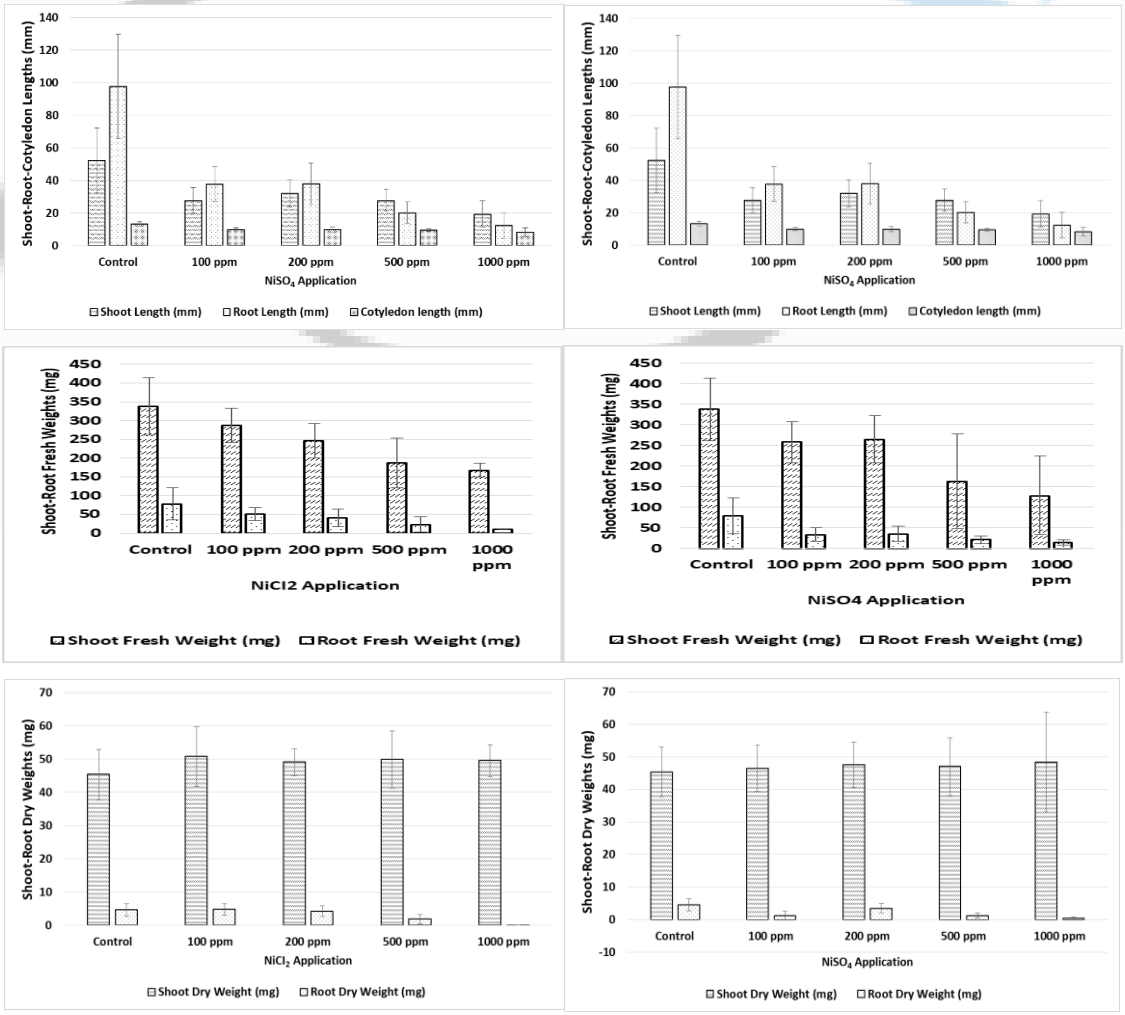


Figure 2. Effects of Different Nickel Applications on Sunflower Morphology



Nickel stress had an important effect on shoot, root and cotyledon lengths, shoot-root fresh and dry weights. Excluding shoot dry weights, there was statistically differences between control and others in $NiCl_2$ and $NiSO_4$ applications. Especially 500 and 1000 ppm $NiCl_2$ doses had adverse effects on plants (Figure 3). It was observed that root shoot and cotyledon lengths decreased with increasing nickel doses. In the control group, root length was more than shoot, but against the increasing nickel concentrations, roots were affected more than shoots. It was observed that shoot and root fresh weight decreased with increasing nickel concentrations for $NiCl_2$ and $NiSO_4$ applications. There was no statistical importance for shoot dry weights in both applications, but root dry weights decreased.

Figure 3 Effects Of Different Nickel Applications On The Growth Parameters Of Sunflower Seedlings At Germination Stage. Error Bars İn Figure Represent Standart Deaviation Value.



Nickel has been stated as a micronutrient for plants (Kochian, 1991; Rahman et al., 2005; Gautam et al., 2017). However, high doses of nickel can cause adverse effects on plants (Ahmad et al., 2009; Ahmad et al., 2011). The adverse effects of increasing nickel doses on root and shoot length, root and stem fresh and dry weight have been reported in other studies. (Léon et al., 2005; Lin and Kao, 2006; Ashraf et al., 2011; Arzoo et al., 2014). In the present research, it was seen that especially 500 and 1000 ppm of nickel had adverse effects.

Conclusion

Although being a micronutrient, excessive Nickel concentrations may have hazardous effects on plants. In the present study, both chloride and sulphate forms' high concentrations affected sunflower seedlings negatively. Application of nickel stress decreased shoot, root and cotyledon lengths, shoot-root fresh and dry weights of sunflower plants. In summary, especially 500 and 1000 ppm doses of $NiCl_2$ and $NiSO_4$ had adverse effects on researched parameters.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest

References

Ahmad, M. S. A., Ashraf, M., & Hussain, M. (2011). Phytotoxic effects of nickel on yield and concentration of macro-and micro-nutrients in sunflower (*Helianthus annuus* L.) achenes. Journal of Hazardous Materials, 185(2-3), 1295-1303.

Ahmad, M. S. A., Hussain, M., Ashraf, M., Ahmad, R., & Ashraf, M. Y. (2009). Effect of nickel on seed germinability of some elite sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. Pak J Bot, 41, 1871-1882.

Arzoo, A., Kumar, S., Ashirbad, N., Kunja, M., & Satapathy, B. (2014). Impact of nickel on germination, seedling growth and biochemical changes of *Macrotyloma uniflorum* (Lam) verdc. International Journal of Biosciences, 5(9), 321-331

Ashraf, M. Y., Sadiq, R., Hussain, M., Ashraf, M., & Ahmad, M. (2011). Toxic effect of nickel (Ni) on growth and metabolism in germinating seeds of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Biological trace element research, 143(3), 1695-1703.

Brown, P. H., Welch, R. M., & Cary, E. E. (1987). Nickel: A micronutrient essential for higher plants. Plant physiology, 85(3), 801-803.

Cempel, M., & Nikel, G. J. P. J. S. (2006). Nickel: A review of its sources and environmental toxicology. Polish Journal of Environmental Studies, 15(3).

Çiçek, N., Pekcan, V., Arslan, Ö., Çulha Erdal, Ş., Balkan Nalçaiyi, A. S., Çil, A. N., ... & Ekmekçi, Y. (2019). Assessing drought tolerance in field-grown sunflower hybrids by chlorophyll fluorescence kinetics. Brazilian Journal of Botany, 42(2), 249-260.

Doğru, A., Altundağ, H., & Dündar, M. Ş. (2021). Gelişmiş Bitkilerde Nikel Elementinin Fizyolojik Fonksiyonları ve Nikel Toksisitesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 33(1), 1-19.

Ekmekci, Y., Erdal, Ş. Ç., Nalçaiyi, A. S. B., & Cicek, N. (2020). Acquisition of boron tolerance by salt pretreatment in two sunflower cultivars. Turkish Journal of Botany, 44(2), 153-166.

Ensink, J. H., Van Der Hoek, W., Matsuno, Y., Munir, S., & Aslam, M. R. (2002). Use of untreated wastewater in peri-urban agriculture in Pakistan: Risks and opportunities (Vol. 64). IWMI.

FAO, 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAOSTAT. Avaliable from: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize [Accessed 7 July 2021]

Gautam, S., Rathoure, A. K., Chhabra, A., & Pandey, S. N. (2017). Effects of nickel and zinc on biochemical parameters in plants-a review. Octa Journal of Environmental Research, 5(1).

Hostynek, J. J., & Maibach, H. I. (Eds.). (2019). Nickel and the skin: Absorption, immunology, epidemiology, and metallurgy. CRC Press.

Hussain, M., Farooq, S., Hasan, W., Ul-Allah, S., Tanveer, M., Farooq, M., & Nawaz, A. (2018). Drought stress in sunflower: Physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. Agricultural water management,201, 152-166.

Ikić, I., Maričević, M., Tomasović, S., Gunjača, J., Šatović, Z., & Šarčević, H. (2012). The effect of germination temperature on seed dormancy in Croatian-grown winter wheats.Euphytica,188(1), 25-34..

Ker, K., & Charest, C. (2010). Nickel remediation by AM-colonized sunflower. Mycorrhiza,20(6), 399-406.

Khan, A. G., Kuek, C., Chaudhry, T. M., Khoo, C. S., & Hayes, W. J. (2000). Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. Chemosphere, 41(1-2), 197-207.

Kochian, L. V. (1991). Mechanisms of micronutrient uptake and translocation in plants. Micronutrients in agriculture,*4*, 229-296.

Leon, V., Rabier, J., Notonier, R., Barthelemy, R., Moreau, X., Bouraïma-Madjèbi, S., ... & Pineau, R. (2005). Effects of three nickel salts on germinating seeds of Grevillea exul var. rubiginosa, an endemic serpentine proteaceae. Annals of Botany, *95*(4), 609-618.

Lin, Y. C., & Kao, C. H. (2006). Effect of excess nickel on starch mobilization in germinating rice grains. Journal of plant nutrition, *29*(8), 1405-1412.

Nouri, M., & Haddioui, A. (2021). Improving seed germination and seedling growth of *Lepidium sativum* with different priming methods under arsenic stress. Acta Ecologica Sinica, 41(1), 64-71.

Rahman, H., Sabreen, S., Alam, S., & Kawai, S. (2005). Effects of nickel on growth and composition of metal micronutrients in barley plants grown in nutrient solution. Journal of plant nutrition, *28*(3), 393-404.

Rizwan, M., Ali, S., Adrees, M., Rizvi, H., Zia-ur-Rehman, M., Hannan, F., ... & Ok, Y. S. (2016). Cadmium stress in rice: toxic effects, tolerance mechanisms, and management: a critical review. Environmental Science and Pollution Research, 23(18), 17859-17879.

Seregin, I., & Kozhevnikova, A. D. (2006). Physiological role of nickel and its toxic effects on higher plants. Russian Journal of Plant Physiology, *53*(2), 257-277.

Shaheen, S. M., & Rinklebe, J. (2015). Phytoextraction of potentially toxic elements by Indian mustard, rapeseed, and sunflower from a contaminated riparian soil. Environmental geochemistry and health, 37(6), 953-967..

Yadav, S. S., Shukla, R., & Sharma, Y. K. (2009). Nickel toxicity on seed germination and growth in radish (*Raphanus sativus*) and its recovery using copper and boron. J. Environ. Biol, 30(3), 461-466.

Presentation ID / Sunum No: 100

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-6784-1654

Otonom Temizlik Aracının Emiş Sisteminin Tasarımı

Araştırmacı Furkan Göktaş[1], Prof.Dr. Ekrem Büyükkkaya[1],
Dr. Öğretim Üyesi Erdal Karadeniz [1]
[1]Sakarya Üniversitesi

*Corresponding author: Furkan Göktaş

Özet: *Bu çalışmada, otonom bir temizlik aracının emiş sisteminin farklı fan kanat sayısına ve havanın fana giriş ve çıkış açılarına bağlı olarak tasarımı ve simülasyon çalışması yapılmıştır. Sınır koşulu 20000 RPM hıza sahip fan tasarımında ideal emiş debisinin belirlenmesi için iki farklı giriş ve çıkış kanat açılarının dört farklı kanat sayısına bağlı olarak incelenmiştir. Havanın fana giriş ve çıkış açıları için yapılan ilk analizlerden sonra en verimli üç modelin kanat sayısına göre durumlar incelenmiştir. Çalışmalar sonucunda fan sayısı 8 olan ve havanın fana giriş açısı 61,5° ile havanın fandan çıkış açısı 54° olan fan konfigürasyonu diğerlerine göre %5-17,74 daha iyi olduğu görülmüştür.*

Anahtar Kelimeler: *Radyal Fan, Geriye Eğik Radyal Fan, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Radyal Fan Geometrisi, Radyal Fan Kanat Parametreleri*

Desıgn of the Suctıon System of the Autonomous Cleanıng Vehıcle

Abstract*: In this study, the design and simulation study of the suction system of an autonomous cleaning vehicle was carried out depending on the number of different fan blades and the inlet and outlet angles of the air to the fan. In order to determine the ideal suction flow rate in the design of the fan with 20000 RPM speed, the boundary condition was investigated with two different inlet and outlet blade angles depending on the number of four different blades. After the first analyzes for the air inlet and outlet angles of the fan, the conditions were examined according to the number of blades of the three most efficient models. As a result of the studies, it has been seen that the fan configuration with 8 fans and the air inlet angle to the fan is 61.5° and the air outlet angle from the fan is 54°, 5-17.74% better than the others.*

Keywords: *Radial Fan, Backward Curved Radial Fan, Computational Fluid Dynamics, Radial Fan Geometry, Radial Fan Blade Parameters*

GİRİŞ

Fanlar, basınç farkı oluşturmak amacıyla hava akışı gerçekleştiren makine elemanlarıdır. Hava üzerinde iş yapan çark, statik ve kinetik enerji kazanır. Oluşan statik ve kinetik enerjinin oranı fan türüne göre değişmektedir [1].

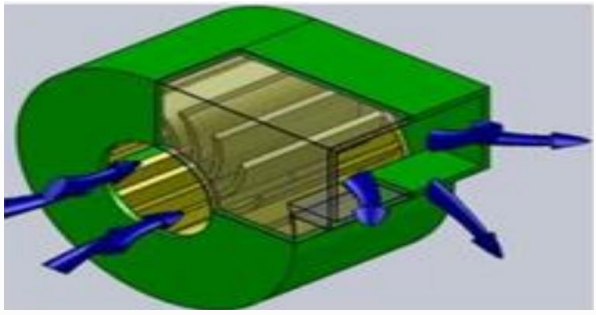
Fanlar basit olarak iki temel parçadan olmak üzere birçok farklı parçadan oluşmaktadır. Fanların hareketli olan parçasına rotor, hava giriş ve çıkışını yönlendiren parçasına salyangoz denir [2]. Rotor, bir mil yardımıyla fan kanadına aktarılan kinetik enerjiyi dönme hareketine çevirmesiyle basınç farkı ve hava akışı oluşturmaktadır. Salyangoz, kullanılması istenen yere göre optimum hava giriş ve çıkışını belirleyen parçadır.

Fanların kullanım alanları iklimlendirme, havalandırma ve kurutma gibi birçok alanda kullanılmaktadır [3]. Ancak genelde fanlar, radyal (santrifüj) ve eksenel fan olmak üzere iki ana başlıkla altında incelenebilir [4].

Eksenel fanlarda, hava giriş ve çıkışı rotora paraleldir. Hava akımı, rotor ile aynı eksende olmasından dolayı teorik olarak radyal hız oluşmamaktadır. Eksenel fanlar düşük basınçta havalandırma ve yüksek debi gerektiren yerlerde kullanılmaktadır. Eksenel fanlar yüksek dönme hızına çıkabilmekle birlikte, gürültülü çalışabilir [4].

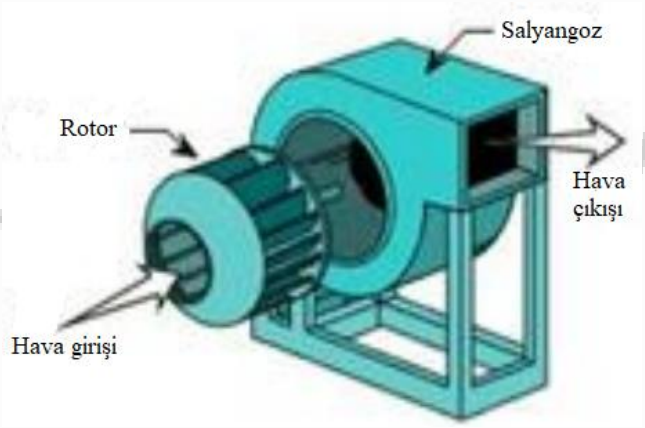
RADYAL FANLAR

Radyal fanlarda hava girişi ile hava çıkışı arasında 90°'lik açı farkı bulunmaktadır. Yani hava akışı salyangoza eksenel olarak girip radyal hareket ile fan kanatlarına teğet olarak çıkmaktadır. Radyal fanlar yüksek basınç ve yüksek hava akımında kullanılmaktadır [5].



Şekil 1. Radyal fan [6]

Radyal fanlar çok fazla parçadan oluşsa da temel olarak salyangoz ve rotor adı verilen iki ana parçadan oluşmaktadır (Şekil 2).

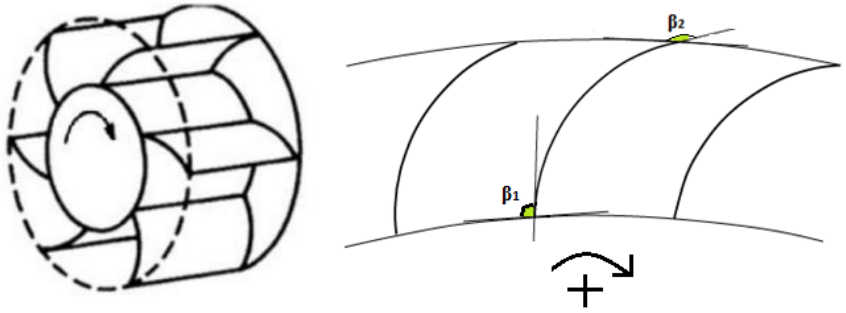


Şekil 2. Radyal fan parçaları [6]

2.1. Radyal Fan Çeşitleri

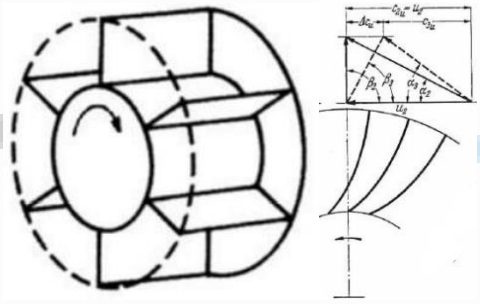
Radyal fanlar kendi içerisinde dört başlık altında incelenmektedir [7].

Öne eğik radyal kanatlı fanların kanat uçları rotorun dönme yönüne eğimlidir [8]. Öne eğik radyal kanatlı fanların kanat çıkış açısı 90°'den büyüktür. Öne eğik radyal kanatlı fanlar diğer radyal fanlara göre daha küçük ebatlarda daha düşük devir sayısı ile aynı basma yüksekliği sonucu verebilmektedir [9].



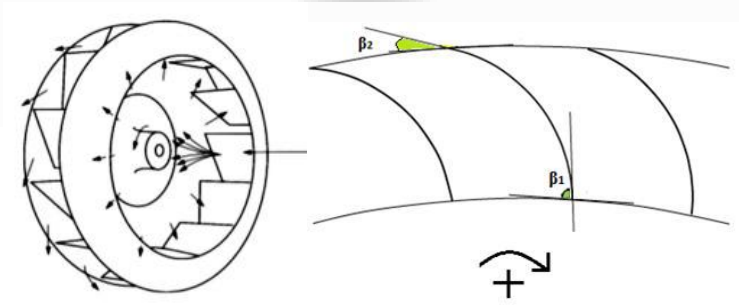
Şekil 3. Öne eğik kanatlı radyal fan ve giriş ve çıkış açıları [10-13]

Radyal kanatlı radyal fanların kanat çıkış açısı 90°'dir. Yani kanatlar rotor gövdesine göre düz yapıya sabittir. Kanat yapısından dolayı akış içerisinde bulunan kum, talaş vb. parçaların bulunmasında durumunda radyal kanatlı radyal fan kullanılabilir. Düşük güç gereksinimi ve yüksek ihtiyacı olan durumlarda tercih edilebilir [11].



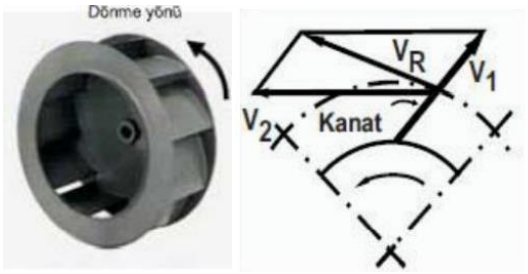
Şekil 4. Radyal kanatlı radyal fan ve giriş ve çıkış açıları [10-12]

Geriye eğik kanatlı radyal fanların kanat çıkışı açışı 90°'den küçüktür. Bu durum kanat yapısının rotor dönme yönünün tersine eğimli olduğu anlamına gelmektedir. Yüksek hızlarda çalışabildiğinden dolayı yüksek debi ihtiyacı olan gereksinimlerde kullanılabilir. Yüksek hız gürültülü çalışmasına sebep olabilmektedir. Radyal fanlar arasında en verimli fan türüdür [10].



Şekil 5. Geriye eğik kanatlı radyal fan ve giriş çıkış açıları [7-13]

Uçak kanadı kesimli radyal fanlar geriye eğik radyal fanlar gibi dönme yönü rotor yönünün tersidir. Geriye eğik kanatlı radyal fanlar gibi yüksek verimlidir. Diğer radyal fan türlerine nispeten imalatı zor olduğundan yaygın olarak kullanılmamaktadır [12].



Şekil 6. Uçak kanadı kesimli radyal fan ve giriş çıkış açıları [14]

Tablo 1. Radyal fan türleri kullanım alanları [7]

	Fan Türü	Kullanım Alanı
Radyal Fanlar	Geriye eğik kanatlı ve airfoil	Yüksek basınç ve yüksek verim
	Radyal kanatlı	Yüksek basınç ve düşük debi
	Öne eğik kanatlı	Düşük basınç ve yüksek debi

Tablo 1.'de radyal fan türlerinin kullanım alanları görülmektedir. Yüksek verimde yüksek basınç ihtiyacından dolayı emiş sisteminde geriye eğik kanatlı radyal fan kullanılmıştır.

2.2. Fan Kanunları

Fan kanunları fanın tükettiği güç, statik basınç ve debi ile arasında ilişkilerdir. Üç ana kanundan oluşmaktadır. Bunlar [9]:

Hava debisi ile fan devri doğru orantılıdır.

Fan devrinin karesi ile basınç doğru orantılıdır.

Fan devrinin küpü ile fan gücü doğru orantılıdır.

Aşağıda fan kanunları denklem olarak gösterilmek üzere Q, hava debisi; N, fan devrini; H_p, fan gücünü göstermektedir.

$$\frac{O_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.1)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left[\frac{N_1}{N_2}\right]^2 \quad (2.2)$$

$$\frac{H_{p_1}}{H_{p_2}} = \left[\frac{N_1}{N_2}\right]^3 \quad (2.3)$$

RADYAL FANLARIN TEORİK HESAPLAMASI

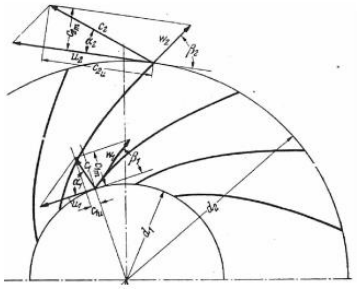
Radyal fanların dönen bir rotoru olması hasebiyle turbomakine olarak sınıflandırılır. Turbomakinelerin matematiksel tasarımında ise Euler turbomakine denklemleri kullanılır.

Turbomakine denklemlerini kullanabilmek için bazı kabullerin yapılması gerekmektedir. Bu kabuller [13]:

Sonsuz kanat sayısı

Kanat kalınlığının sonsuz küçüklükte olması

Havanın kanatlar dik şekilde girmesi



Şekil 7. Giriş ve çıkış hız vektörleri [14]

Şekil 7.'de geriye eğik kanatlı bir fanın, kanat girişindeki ve çıkışında hız vektörleri görülmektedir. Turbomakine kabulü yapılmasıyla Şekil 7.'deki hız üçgenleri için aşağıda gösterilen momentum ve güç denklemleri kullanılabilir.

$$M_k = \dot{m}(C_{u_2} r_2 - C_{u_1} r_1) \quad (3.1)$$

$$M_k = \dot{m}(C_{u_2} r_2 - C_{u_1} r_1) \quad (3.2)$$

$$P = M_k \omega = \rho Q \omega (C_{u_2} r_2 - C_{u_1} r_1) \quad (3.3)$$

Giriş ve çıkış hız vektörlerinin denklemleri denklem 3.4'te gösterilmiştir. Denklem 3.3, denklem 3.4 yardımıyla düzenlemesiyle denklem 3.5 elde edilmiştir.

$$u_1 = \omega r_1 \quad ; \quad u_2 = \omega r_2 \quad (3.4)$$

$$P = \rho Q \left(C_{u_2} u_2 - C_{u_1} u_1\right) \quad (3.5)$$

Fanlarda oluşan sürtünme ve şok kayıplarının ihmal edilmesiyle teorik basma yüksekliğini denklemi aşağıda gösterilmiştir.

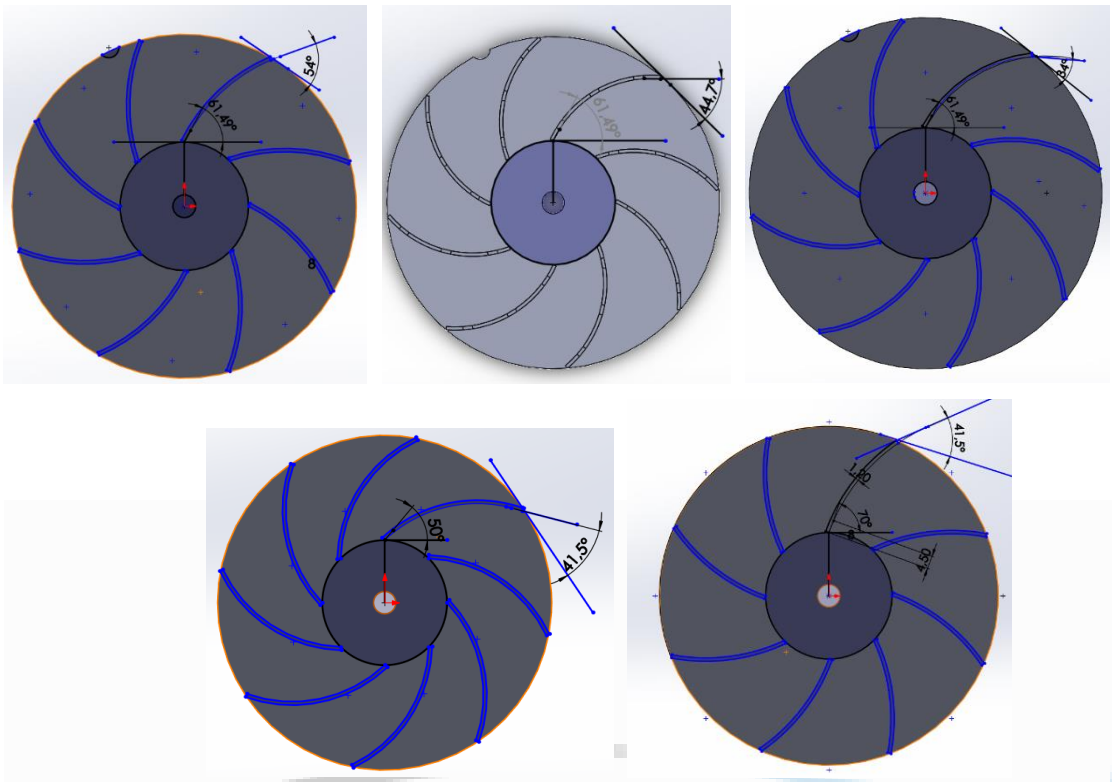
$$g H_{th\infty} = \rho \left(C_{u_2} u_2 - C_{u_1} u_1\right) \quad (3.6)$$

Turbomakine kanuna göre havanın kanatlara dik açı ile girdiği kabul edildiği için C_{u_1} terimi kaybolur ve denklem 3.7 elde edilir.

$$g H_{th\infty} = \rho \left(C_{u_2} u_2\right) \quad (3.6)$$

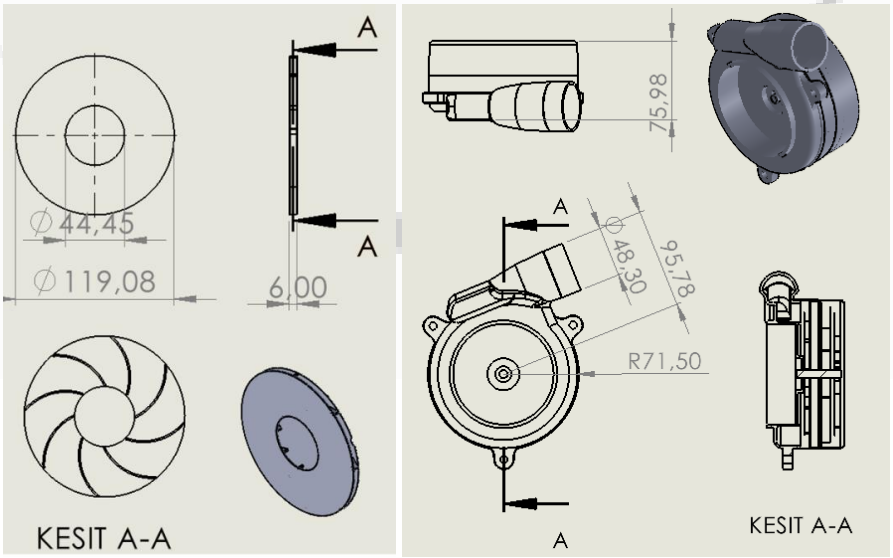
RADYAL FANLARIN HAD YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

Radyal fanların analizleri için kullanılacak CAD modelleri Solidwork programında yapılmıştır. Elde edilen CAD dosyalarının HAD analizleri Ansys Fluent programında yapılmıştır. Yapılan tasarımlar Şekil 8.'de görülmektedir.



Şekil 8. Fan tasarımları

Tablo 2.'de tasarımı yapılan fanların teknik özellikleri görülmektedir. Şekil 9.a'da Model B'nin ölçüleri, Şekil 9.b'de fan salyangozunun ölçüleri görülmektedir.



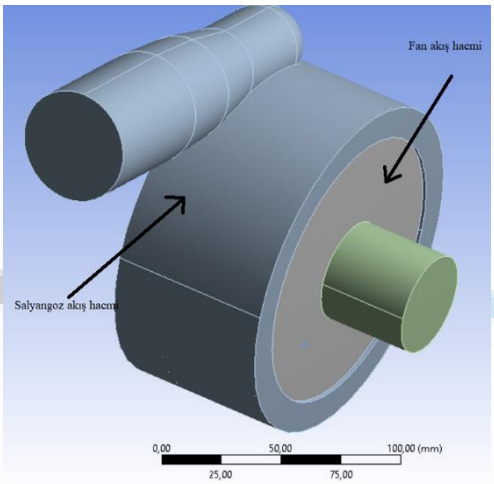
Şekil 9. a) Model B'nin ölçüleri **b)** Salyangoz ölçüleri

Aynı salyangoz ölçülerinde Tablo 2'de gösterilen modellerin analizleri yapılmıştır.

Tablo 2. Fanların teknik özellikleri

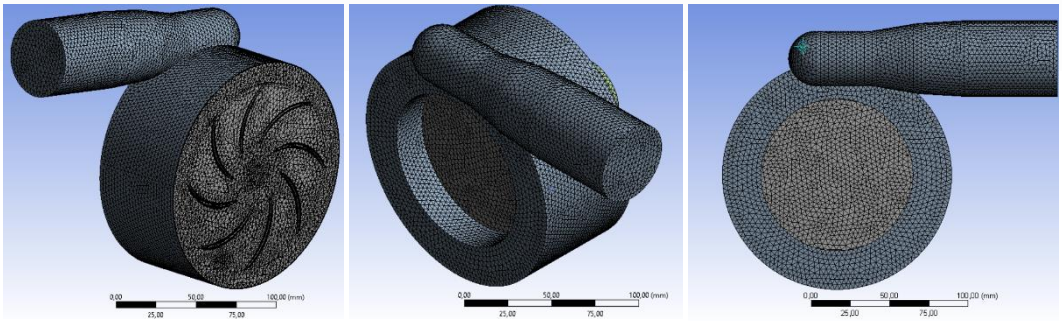
	Kanat Sayısı	β_1 (°)	β_2 (°)
Model A	8	61,5	34,7
Model B	8	61,5	44,7
Model C	8	61,5	54
Model D	8	50	44,7
Modal B	8	61,5	44,7
Modal E	8	70	44,7

HAD analizinin yapılabilmesi için radyal fanın akış hacmi oluşturulmalıdır.



Şekil 9. Model B için oluşturulan akış hacimleri

HAD yöntemi ile analizin yapılması için akış hacminin sonlu sayıda parçalara bölünerek analiz işlemi yapılır. Sonlu sayıda oluşturulan parçaya mesh denir. Mesh yapısının kalite Skewness ölçeği üzerinden ölçülür [16]. Model B için oluşturulan mesh yapısı Şekil 10.'da görülmektedir. Yapılan her bir analiz için yaklaşık bir milyon tetrahedrons ağ yapısı kullanılmıştır. Skewness ölçeğine göre yoğunluğu 0-0,3 arasında olduğundan yapılan mesh işlemi düzgün olarak kabul edilmiştir.



Şekil 10. Model B'nin mesh yapısı

SONUÇ

Tablo 3. β_1 ve β_2'nin değişimi ile oluşturulan değerler

	Kanat Sayısı	β_1 (°)	β_2 (°)	Çıkış Hızı (m/s)	Debi (m^3/h)	Basınç Farkı (Pa)
Model A	8	61,5	34,7	7,4	201	22125
Model B	8	61,5	44,7	8,8	216	23780
Model C	8	61,5	54	9,5	228	26350
Model D	8	50	44,7	8,1	197	23450
Modal B	8	61,5	44,7	8,8	216	23780
Modal E	8	70	44,7	6,7	170	19840

Yapılan ilk analizlere göre;

β_2 değeri sabitken β_1 değerindeki artış optimum değerine geldikten sonra hız ve basınç farkı değerlerinde azalmaya sebep olmuştur.

β_1 değeri sabitken β_2 değerindeki artış debi ve basınç farkı değerlerinde lineer olarak artışa neden olmuştur.

Çıkan ilk sonuçlara göre Model B ve Model C sırasıyla diğer fanlardan sırasıyla %1,5-19,85 arasında daha verimli, %10,81-32,81 arasında daha verimli sonuçlar elde edilmiştir.

Havanın fana giriş ve çıkış açısı analizlerine göre en verimli olan Model B, Model C ve Model D'nin kanat sayısı değiştirilerek analizleri yapılmıştır.

Tablo 3. Model 2'nin farklı kanat sayılarına göre analiz sonuçları

	Kanat Sayısı	β_1 (°)	β_2 (°)	Çıkış Hızı (m/s)	Debi (m^3/h)	Basınç Farkı (Pa)
Model 2_1	5	61,5	44,7	7,1	193	24780
Model 2_2	6	61,5	44,7	7,8	201	24210
Model 2_3	8	61,5	44,7	8,8	216	23780
Model 2_4	10	61,5	44,7	9,1	237	24200

Tablo 4. Model 3'ün farklı kanat sayılarına göre analiz sonuçları

	Kanat Sayısı	β_1 (°)	β_2 (°)	Çıkış Hızı (m/s)	Debi (m^3/h)	Basınç Farkı (Pa)
Model 3_1	5	61,5	54	8,7	194	26660
Model 3_2	6	61,5	54	8,9	210	26550
Model 3_3	8	61,5	54	9,5	228	26350
Model 3_4	10	61,5	54	9,5	243	25130

Tablo 5. Model 4'ün farklı kanat sayılarına göre analiz sonuçları

	Kanat Sayısı	β_1 (°)	β_2 (°)	Çıkış Hızı (m/s)	Debi (m^3/h)	Basınç Farkı (Pa)
Model 4_1	5	50	44,7	7,3	182	24320
Model 4_2	6	50	44,7	7,7	189	24020
Model 4_3	8	50	44,7	8,1	197	23450
Model 4_4	10	50	44,7	8,3	201	22115

Model 2'de kanat sayısının artmasıyla debide artış gözlemlenirken basınç farkı değerlerinde kısmi olarak artış gözlemlenmiştir.

Model 3'te kanat sayısının artmasıyla debide artış gözlemlenirken basınç farkında azalma görülmüştür.

Model 4'te kanat sayısının artmasıyla debide artış gözlemlenirken basınç farkında azalma görülmüştür.

Kanat sayısı ile β_2 değerinin artmasıyla fan debi ve basınç farkı değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Kanat sayısının artmasıyla debi değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Model 2'de Model 2_3 ve 2_4 debi değerleri %11,92 ve %22,8 daha verimlidir. Basınç değerleri kısmı olarak aynı olduğu için Model 2_3 ve 2_4 tercih edilebilir.

Model 3'te Model 3_3 ve 3_4 debi değerleri %17,53 ve %25,26 daha verimlidir. Basınç farkı değeri Model 3_4 'de düştüğü için Model 3_3 tercih edilebilir.

Model 4'te Model 4_3 ve 4_4 debi değerleri %8,24 ve %10,44 daha verimlidir. Basınç farkı değeri Model 4_4 'de düştüğü için Model 4_3 tercih edilebilir.

Sonuç olarak 8 kanatlı modeller arasında Model 3_3 diğerlerinden debi olarak %5-17,74 daha verimli, basınç farklı olarak %10,81 daha verimlidir.

KAYNAKLAR

[1] Akkaöse, K. (2010). Biomimetik Fan Tasarımı, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.

[2] Roth H. (1990). Improvements of Sirocco Fan, pp. 256-325.

[3] Güney, M. (2016). Radyal Fan Salyangozunun Fan Performansına Etkilerinin HAD Yardımı İle İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.

[4] Hall, S. (1994). Rules of Thumb for Chemical Engineers, pp. 143-159.

[5] D. Green, and R. Perry. (2008). Perry's Chemical Engineers Handbook

[6] Saibau, G. and Ravikumar V. (2021). Modeling And Structural Analysis Of Composite, vol. 6, pp. 84-85.

[7] Canbazoğlu, S. (2020). Fan Mühendisliği Kitabı, Airoon Teknik Yayınlar, Sayfa 91.

[8] Montazerin N., Akbari G. and Mahmoodi M. (2015). Developments in Turbomachinery Flow Forward Curved Centrifugal Fans, Cambridge: Woodhead Publishing, pp. 148-186.

[9] Peng, W. (2008). Fundamentals of Turbomachinery, New Jersey: John, Wiley&Sons

[10] Mutlu, Ö. (2018). İleriye Dönük Kanatlı Radyal Fan Tasarım Yöntemlerinin HAD İle İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.

[11] Bulgurcu, H. (2015). Havalandırma Tekniği-Fanlar, Balıkesir Üniversitesi, Sayfa 1-44.

[12] Stefan, F. (2008). Optimum Design of High Efficiency Forward Curved Blade Radial Fans, pp. 75-93.

[13] Baysal, K. (1975). Tam Santrifüj Pompalar: Hesap, Çizim ve Konstrüksiyon Özellikleri, İstanbul: Teknik Üniversite Matbaası.

[14] Alarko Carrier Teknik Bülten, Fanlar: Özellikleri ve Analiz, Sayfa 1- 21, 2017.

[15] Eck, Bruno. (1972). Fans, Design and Operation of Centrifugal, Axial Flow And Cross Flow Fans. Biddles Ltd. Great Britain.

[16] ANSYS Inc., (2009) 'Meshing Help Document.Reliese' pp. 102.

Presentation ID / Sunum No: 19

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-2056-1684

Farklı Monomer Karışım Oranları ve Katkı Malzemesi İle Üretilen Rijit Poliüretan Malzemesinin Akustik, Yanmazlık ve Yüzey Özelliklerinin İncelenmesi

Araştırmacı Ecem Nur Keskin[1], Prof.Dr. Mehmet Orhan[2], Araştırmacı Halim Sevim[1], Araştırmacı Merve Kafiye Öğütgen[1], Araştırmacı İbrahim Aydın[3]

[1]Formfleks Otomotiv Yan Sanayi ve Ticaret A.Ş.
[2]Bursa Uludağ Üniversitesi
[3]Formfleks Otomotiv Yan Sanayi ve TİC. A.Ş

*Corresponding author: Ecem Nur Keskin

Özet: *Günümüzde elektrikli araçların yaygınlaştırılmasına yönelik global yaklaşımlar, enerji tüketimini düşürmek amacıyla araç gövde ağırlıklarının azaltılmasını gerektirmektedir. Bu hafifletme yaklaşımlarının yanında akustik konforun iyileştirilmesi hedefi yalıtım malzemelerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Taşıt üreticileri tarafından; motor, yol ve yapısal kaynaklı gürültülerin kabin içerisinde sürücü ve yolcuları en az etkilemesi amacıyla, akustik performansı yüksek ve hafifletilmiş izolasyon malzemeleri geliştirilmektedir. Düşük yoğunlukları, düşük ısıl iletkenlikleri ve mekanik özelliklerinden dolayı poliüretan köpüklere olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmada araçların kaput altı, su kutusu ve motor bölgelerinde tercih edilen rijit poliüretan köpüklerin hammadde oranlarının değiştirilmesinin ve içerisine mikro boyutta malzeme takviyesinin akustik ve yanmazlık açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Bu kapsamda üretilen 5 farklı numunenin akustik performanslarının belirlenmesi; otomotiv endüstrisinde sıklıkla kullanılan alfa kabin test cihazında gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda elde edilen numunelere yanma testleri yapılmıştır. Farklı hammadde oranlarının ve katkı malzemelerinin rijit poliüretanın hücre yapısındaki etkisi taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Her bir numunenin moleküler bağ karakterizasyonları Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FTIR) testiyle belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda; farklı monomer karışım oranları ve farklı katkı malzemesi ile üretilen rijit poliüretanların akustik, yanmazlık ve yüzey özellikleri incelenerek karşılaştırma yapılmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Rijit Poliüretan, Akustik Performans, Hafifletme Yaklaşımı, Elektrikli Araçlar*

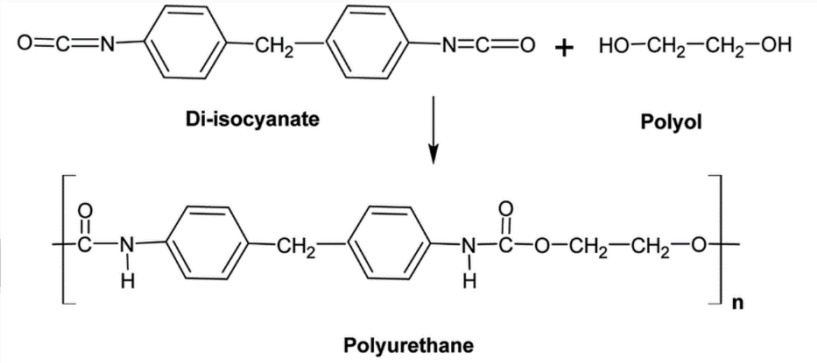
GİRİŞ

Gürültü kirliliği milyonlarca insanın yaşam kalitesini önemli ölçüde etkiler. İşitme kaybı ve stres gibi ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Otomotiv sektöründe de bir aracın akustik konforu, sürüş konforunu ve çevreyi önemli ölçüde etkilediğinden, genel kalitenin en önemli temsilcilerinden biri haline gelmiştir. Sürüş konforunu sağlamak için yapısal ve hava kaynaklı gürültüler yeterince azaltılması gerektiğinden ses sönümleme, konforlu bir otomobilin tasarımında çok önemli bir bileşendir. Araç akustiğinin asıl odak noktasında iç gürültü olmasına karşın elektrikli araçların yaygınlaşması ile birlikte dış gürültü önemli bir rol oynamaya başlamıştır. Motor gürültüsü (1,600-4,000Hz), aktarma organları gürültüsü (30-500Hz), yol gürültüsü ve rüzgâr gürültüsü (500-8000Hz), birincil uyarı kaynağı olarak işlev görür. Bu nedenle, son yıllarda birçok otomobil üreticisi, motor bölmesinden yolcu kabinine kadar gürültü ve titreşim kontrolü sağlayabilen teknolojilere yatırım yapmaktadır. Bu bağlamda, araç içi gürültüyü azaltmak ve yolcuların konforunu artırmak için uygun ses uygulamaları geliştirilmiştir. Gürültü ve titreşim problemlerini çözmek için temelde iki farklı yöntem vardır. Hava kaynaklı (air borne) gürültü problemlerinde bariyer ve yutucular (absorber) kullanılırken, yapı kaynaklı gürültü problemlerinde titreşim sönümleyiciler (damper) kullanılmaktadır. Ses, gözenekli bir yapıya girdiğinde sürtünmeden

dolayı ısıya dönüşür ve bu sayede enerjisini kaybeder [1]. Poliüretan (PU), poliakrilik ester, polistiren ve polivinil klorür gibi gözenekli polimerler, çoğunlukla köpük şeklinde ses emici olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu malzemeler ses emiliminde faydalı olmalarına karşın özelliklerinin iyileştirmesi için yapılarının değiştirilmesi gerekir [2].

Küresel rekabet, otomobil üreticilerini, bir araçta yüksek akustik performansları sağlayan, düşük maliyetli ve hafif malzemeleri kullanmaya yönlendirmiştir. Gözenekli malzemelerden biri olan PU köpükler, muadil malzemelerle karşılaştırıldığında avantajlı özellikleri, düşük maliyetleri, iyi ses sönümlemeleri ve düşük yoğunlukları, nedeniyle sesi emmek ve gürültüyü azaltmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Otomobil endüstrisinde kaput altı, su kutusu ve motor bölgesi, tavan ve oturma gibi birçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır.

Şekil-1'de gösterildiği gibi PU üretiminde 3 ana hammadde kullanılır bunlar; poliol, izosiyanat ve sudur. Bunların yanı sıra katalizör, stabilizör ve diğer yardımcı ajanlar ise kimyasal reaksiyonu desteklemek için kullanılır. Bunlara ek olarak; spesifik özellikler elde etmek için, boya ve alev geciktirici gibi katkı maddeleri de formülasyona ilave edilebilmektedir. Diizosiyanatın bir kısmı poliol ile polimerleşir, bir kısmı da su ile reaksiyona girerek gözenekli PU yapıyı meydana getirir. Olgunlaşma (kürlenme) süresi, 24 ile 72 saat aralığındadır. Bu reaksiyon ekzotermiktir.



Şekil-1. PU kimyasal yapısı

PU köpükler, esnek ve rijit olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Esnek PU'lar yataklarda, otomotiv koltuklarında, mobilyalarda kullanılırlar. Rijit PU'lar daha çok ısı ve ses izolasyonlarında kullanılırlar. PU köpükler, sınırlı ses emme özelliklerinden dolayı, özellikle düşük frekans bölgesinde genellikle tatmin edici olmayan ses emme davranışı göstermektedir. Ses emilimi normalde hava molekülleri ve hücre duvarları arasındaki çarpışmalar veya numune sınırlarındaki mekanik sürtünmeler yoluyla ısı olarak ses enerjisi dağılımı yoluyla gerçekleştiğinden genel olarak ses emme katsayısı morfolojik özelliklerle ilişkilendirilir [3,4,5]. Kullanılan formülasyonda küçük modifikasyonlar yapılarak çeşitli özelliklerde PU'lar elde edilebilir. Bunun yanı sıra, PU köpüklere çeşitli fonksiyonel parçacıklar eklemek, akustik özelliklerini geliştirmek için etkili bir yöntem haline gelmiştir. Lee ve ark. [6] yaptıkları çalışma sonrasında malzemelerin kararlı ses emilimini sağlamak için PU'nın sağlam hücresel yapılara sahip olması, homojen boşluk dağılımlarına sahip olmasının önemli olduğunu göstermişlerdir.

Bununla birlikte, morfolojileri ve kimyasal yapıları (300-500°C) nedeniyle bir alev kaynağıyla karşılaştıklarında, köpüklerin tutuşması kolaydır, hızlı alev yayılımı sergilerler ve yanma sırasında çok miktarda zehirli duman çıkarırlar [7,8]. Bu nedenle, köpükler tehlikeli maddeler olarak kabul edilir ve uygulamaları, malzemenin değiştirilmesini gerektirir. Yanma davranışı, kullanımlarının çeşitliliği farklı alev geciktirici yaklaşımlar gerektirir. Normal olarak, yüksek oranda halojen, fosfor ve/veya nitrojen bileşikleri veya inorganik dolgu maddelerinin varlığı, bu yanıcı polimer köpüklerin tutuşmasını önlemede etkilidir [9], [10], [11], [12], [13]. Bununla birlikte, bu bileşiklerin veya alev geciktirici dolgu maddelerinin polimer matrise dahil edilmesi, kaçınılmaz olarak diğer önemli özellikleri (yoğunluk, mekanik esneklik ve dayanıklılık) azaltır [14,15,16]. Hatta toksik gaz salınımı nedeniyle çevre ve güvenlik kaygıları üzerinde olumsuz etki yaratır.

Bu çalışmanın amacı, PU monomer oranlarının ve farklı katkı malzeme kullanılmasının ses emme performansı, yanmazlık ve yüzey üzerindeki etkisinin incelenmesidir.

MATERYAL YÖNTEM

Çalışma kapsamında incelenen PU malzemeler, Formfleks Otomotiv Yan Sanayi ve Tic. A.Ş. firmasında bulunan PU üretim hattında ortalama 1,50x1,50x1,50 m boyutlarındaki küpler kullanılarak üretilmiştir. Üretim esnasında PU'ı oluşturan monomerler belirli bir sıra ile dairesel kazan içerisine dökülmüş ve karıştırılmıştır. Monomerler kendi içerisinde homojen karıştıktan sonra kimyasal reaksiyon ile birlikte genleşmeye başlamıştır. Bu sırada, döküm küpü sabit tutulmuş ve kimyasal reaksiyon sonucu ortaya çıkan zararlı gazlar hava çeker yardımıyla tahliye edilmiştir. PU, istenilen hacme ulaştığında kürleşmenin tamamen bitmesi ve parça içerisindeki hücresel yapıların sağlıklı oluşabilmesi için 24 saat oda sıcaklığında hareket ettirilmeden bekletilmiştir.

PU, döküm küpünden çıkarılarak ilk önce yatay kesim cihazında 20 mm kalınlığında kesilmiştir. Daha sonrasında dikey kesim testeresi kullanılarak Alfa kabin standart plaka boyutlarındaki (1,00 x 1,20 m) numuneler elde edilmiştir.

Şekil-2'de gösterilen alfa kabin test cihazı, küçük çınlanım odaları olarak tanımlanabilir. Her bir duvarı birbirine asimetrik olan alfa kabin; 400 Hz-10.000 Hz frekans bandında ölçümler yapmaya olanak sağlayan ölçüm cihazıdır. 3 adet ses kaynağı ve kabin içerisindeki 5 adet mikrofon ile ses yutum katsayısı hesabında kullanılan geri çınlanım süresi verileri elde edilir.



Şekil-2. Alfa kabin test cihazı

Alfa kabin test cihazı, ölçüm yöntemi iki aşamadan oluşur. İlk aşamada alfa kabin içerisine konumlandırılan çerçeve boş olarak ölçülür. Sonrasında alfa kabin numuneleri çerçeve içerisine konularak ölçüm gerçekleştirilir. Her iki aşamada da farklı frekans bantlarında geri çınlanım süresi ölçülür. Geri çınlanım süresi, bir ses kaynağı aniden kapatıldığında, sesin genellikle 60 dB olarak alınan belirli bir dinamik aralıkta azalması için gereken süre olarak tanımlanabilir. Elde edilen veriler ile Denklem-1'de verilen Sabine formülü kullanılarak ses yutum katsayısı hesaplanır. Her bir PU numunesi için 3 adet ölçüm yapılmıştır.

$$\alpha \cong \frac{0.161V}{S_a}\left[\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T_0}\right] \qquad \text{Denklem-1}$$

α: Ses yutum katsayısı, V: *Alfa kabin hacmi* (m^3), S_a: *Numune yüzey alanı* (m^2),
T_1: *Geri çınlanım süresi* (sn) $(Numune\ ile\ ölçüm)$,
T_0: *Geri çınlanım süresi* (sn) $(Referans\ ölçüm)$

Elde edilen numunelere Bursa Teknik Üniversitesi'nde (BTÜ) Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda (MERLAB) bulunan Zeiss/Gemini 300-EDS:Bruker/XFlash 6I100 marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak hücre yapıları incelenmiştir (Şekil-3). Hücre yapılarının incelenebilmesi için her bir numune Altın/Paladyum kaplama yapılarak iletken hale getirilmiştir.

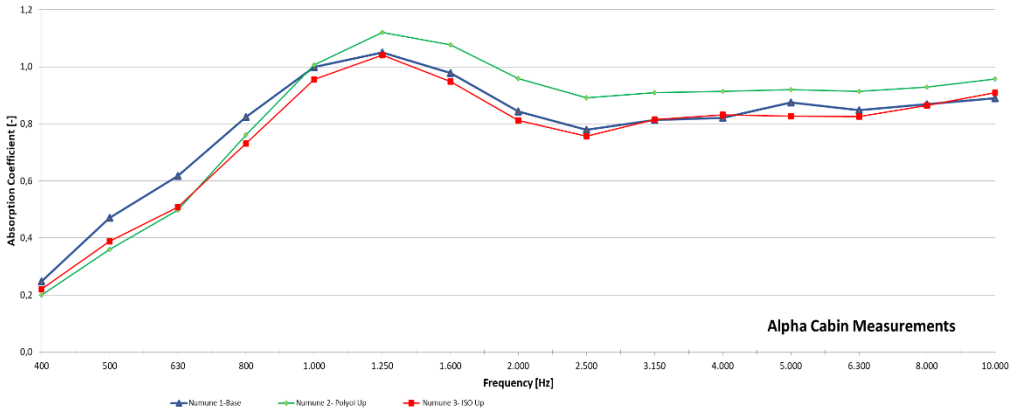


Şekil-3. Taramalı elektron mikroskobu

Numunelerin kimyasal bağlarının titreşim frekansları ölçülerek fonksiyonel grupları BTÜ MERLAB'da bulunan Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektrofotometresi test cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Son olarak her bir numuneye ISO 3795 standardına göre yatay yanma testi uygulanmış ve yanma davranışları incelenmiştir.

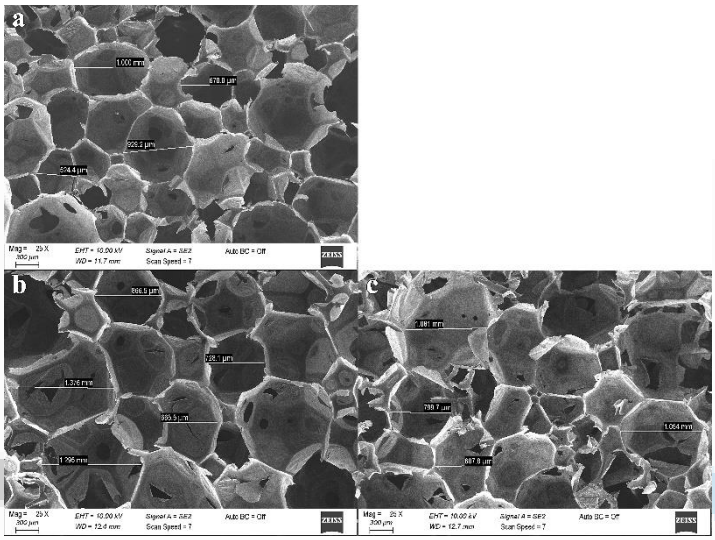
SONUÇLAR

Alfa kabin testleri sonucunda elde edilen ses yutum grafikleri, Şekil-4'te verilmiştir. Grafikler incelendiğinde poliol hammadde artışının düşük frekansta olumsuz yönde etkilediği fakat orta ve yüksek frekans bandında ses yutum performansını iyileştirdiği görülmektedir. Isosiyonat hammaddesinin ise düşük frekansta akustik performansı negatif etkilediği saptanmıştır. Poliol ve isosiyonat hammaddelerinin arttırıldığı numunelerin formlanabilirliği incelenmiş ve temel reçeteye göre daha formlanabilir olduğu belirlenmiştir.



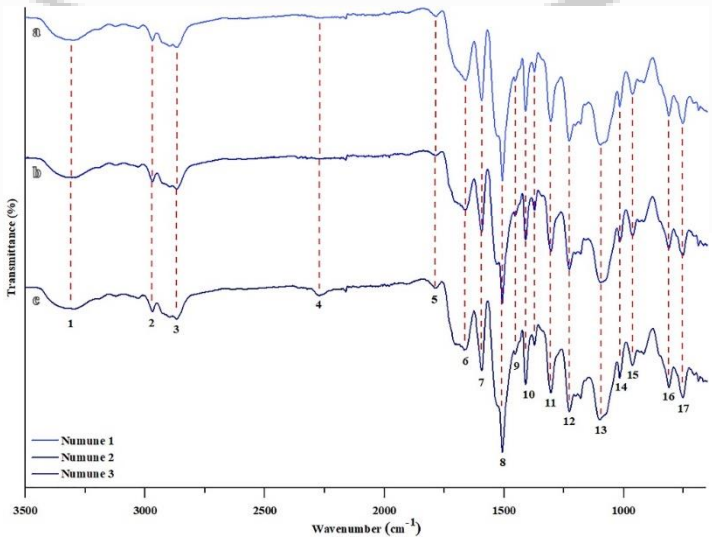
Şekil-4. Farkı monomer oranları ile üretilen PU numunelerinin ses yutum performanslarının karşılaştırılması

Elde edilen numunelerin hücre yapısı taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiş ve sonuçlar Şekil-5'te paylaşılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde özellikle mikro parçacık eklenmesinin hücre yapısında düzensizliğe sebep olduğu açıkça görülmektedir. Akustik performansı etkileyen parametrelerden en önemlisi hücre yapısıdır ve akustik test sonuçlar ile birlikte değerlendirildiğinde mikro parçacık takviyesinin orta ve yüksek frekans bandındaki oluşturduğu dezavantajın sebebi anlaşılmaktadır.



Şekil-5. Hücre yapılarının SEM cihazı ile incelenmesi (**a**-Temel Reçete **b**- Poliol artışı **c**- İsosiyonat artışı)

Şekil-6'da verilen FTIR test sonuçları incelendiğinde PU malzemesinden beklenilen piklerin görüldüğü anlaşılmaktadır. Monomer oranlarının değişimleri sonucunda piklerde yoğunlaşma ve derinleşmenin olduğu fakat farklı bir pik oluşumunun gerçeklemediği görülmektedir.



Şekil-6. FTIR test sonuçları (Numune 1: Temel Reçete, Numune 2: Poliol artışı, Numune:3 İsosiyonat artışı)

ISO-3795 standardına uygun olarak gerçekleştirilen dikey yanma test sonuçları incelendiğinde PU malzemesinin içeriğinde bulunan grafen hammaddesi yanmazlık davranışına katkı sağladığından tüm numuneler yanma testlerinden geçmişlerdir.

Bu çalışmada karışım oranlarının değişiminin akustik performansa etkisi detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Malzeme yapısı gereği monomer karışım oranlarındaki değişim PU malzemesinin hücre yapısını değiştirdiğinden ses yutum performansını da etkilemiştir. Akustik performans, hücre yapısı, yanma davranışı ve formlanabilirlik dikkate alındığında optimum karışım oranı belirlenerek istenilen hücre yapısının oluşturulabileceği saptanmıştır. Ayrıca mikro partikül takviyesi ile birlikte her ne kadar düşük frekansta ses yutum performansında iyileşme sağlansa da orta ve yüksek frekansta negatif etki ettiği belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışma süresince hammadde tedariği ve alfa kabin testlerinin gerçekleşmesi konusunda destek olan Formfleks AR-GE Liderliği'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. Zhou, H., Li, B., Huang, G. (2006). Sound absorption characteristics of polymer microparticles. Journal of Applied Polymer Science, 101(4), 2675–2679. DOI 10.1002/app.23911.

2. Otaru, A. (2019). Enhancing the sound absorption performance of porous metals using tomography images. Applied Acoustics, 143, 183–189. DOI 10.1016/j.apacoust.2018.09.007.

3. R. Gayathri, R. Vasanthakumari and C. Padmanabhan, Int. J. Sci.Eng. Res., 4, 301 (2013).

4. O. Doutres, N. Atalla and K. Dong, J. Appl. Phys., 110, 064901 (2011).

5. C. H. Sung, K. S. Lee, K. S. Lee, S. M. Oh, J. H. Kim, M. S. Kim and H. M. Jeong, Macromol. Res., 15, 443 (2007).

6. L. J. Lee, C. Zeng, X. Cao, X. Han, J. Shen and G. Xu, Compos. Sci.Technol., 65, 2344 (2005).

7. P. Liu et al. Fabrication of an ultralight flame-induced high conductivity hybrid sponge based on poly (vinyl alcohol)/silver nitrate composite Mater Des (2018).

8. H. Xu et al. Temperature-triggered sensitive resistance transition of graphene oxide wide-ribbons wrapped sponge for fire ultrafast detecting and early warning J Hazard Mater (2019).

9. N.-J. Huang et al. Silane grafted graphene oxide papers for improved flame resistance and fast fire alarm response Compos B Eng (2019).

10. Z.-R. Yu et al. Enhanced mechanical property and flame resistance of graphene oxide nanocomposite paper modified with functionalized silica nanoparticles Compos B Eng (2019).

11. Y.-J. Wan et al. Mechanical properties of epoxy composites filled with silane-functionalized graphene oxide Compos Part A (2014).

12. L.Z. Guan et al.Silane bonded graphene aerogels with tunable functionality and reversible compressibility Carbon (2016).

13. L. Guan et al. Silane bonded graphene aerogels with tunable functionality and reversible compressibility Carbon (2016).

14. W. Chen et al. A temperature-induced conductive coating via layer-by-layer assembly of functionalized graphene oxide and carbon nanotubes for a flexible, adjustable response time flame sensor Chem Eng J (2018).

15. Y.-J. Wan et al. Grafting of epoxy chains onto graphene oxide for epoxy composites with improved mechanical and thermal properties Carbon (2014).

16. H.F. Pan et al. Construction of layer-by-layer coating based on graphene oxide/beta-FeOOH nanorods and its synergistic effect on improving flame retardancy of flexible polyurethane foam Compos Sci Technol (2016).

Presentation ID / Sunum No: 26

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-7822-734X

Hava Kirliliğinin İklim Değişikliği Üzerine Etkileri: Adana Örneği

Doç.Dr. Rozelin Aydın[1], Araştırmacı Esra Turhan [1]
[1]Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi

*Corresponding author: Esra Turhan

Özet: *Hava kirliliği; dünya üzerindeki yaşayanların olumsuz etkilenmesine neden olan doğal veya doğal olmayan maddelerin havadaki miktar ve yoğunluğun artması olarak tanımlanabilir. Sanayileşme ve kırdan kente göç nedeniyle artan insan faaliyetlerinin (ısınma, trafik, elektrik üretimi, sanayi, madencilik, inşaat, endüstriyel tarım vb.) neden olduğu emisyonlar ana kirlilik etmenleri olarak gösterilmektedir. Şehirlerde hava kalitesinin hızlı bir şekilde bozulması ve bunun sonucunda insan sağlığına olan etkilerini ortaya koyan bulgular, temiz havanın insan sağlığı açısından ehemmiyetini bir kez daha gözler önüne sererken; hava kirliliği yüksek tansiyon ve tütün kullanımından sonra, bulaşıcı olmayan hastalıklardan ölümlerde üçüncü sırada yer almaktadır. İnsanların ve dünya üzerindeki diğer makro ve mikro düzeydeki canlıların yaşamlarını direk olarak olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmada, "Hava kirliliğinin etkileri değerlendirilerek" Adana`nın 2019-2022 yılları arasındaki hava kalitesi değerleri üzerinden hava kirliliğinin yoğun olarak yaşandığı bölgelerde yaşayan kırılgan grupların bu etkilerden nasıl etkilendiğini üzerine veriler paylaşılacaktır. Çeşitli kurum ve kuruluşlardan elde edilen veriler ile Hava Kirliliği Ölçüm İstasyonlarından alınan hava kirletici parametrelerin ölçüm sonrası mevzuat kapsamında değerlendirilecek ve il merkezi başta olmak üzere kullanılan yakıt (doğalgaz+kömür) miktarları ile hava kirliliği arasındaki ilişkinin ortaya konulacaktır.*

Anahtar Kelimeler: *Hava Kirliliği, Kirletici Kaynakları, Kırılgan Gruplar, Fosil Yakıtlar, İnsan Sağlığı*

Effects of Air Pollution On Climate Change: the Case of Adana

Abstract*: Air pollution; It can be defined as the increase in the amount and density of natural or unnatural substances in the air that cause negative effects on the inhabitants of the world.. Negative effect; It can be exemplified as the decrease or extinction of species, displacement or shrinkage of natural habitats, decreased quality of life, increased tendency to diseases or diseases. Emissions caused by human activities such as heating, traffic, electricity generation, industry, mining, construction, industrial agriculture and forest fires, urbanization are shown as the main causes of pollution. The findings, which reveal the rapid deterioration of air quality in cities and its effects on human health, once again reveal the importance of clean air for human health. Air pollution, which is the third leading cause of death from non-communicable diseases after high blood pressure and tobacco use, directly affects people's life and comfort negatively. In this study, it will be conducted to see the air quality values of Adana between the years 2019-2022 by "evaluating the effects of air pollution" and how the vulnerable groups living in areas where air pollution is intense are affected by these effects. The data obtained from various institutions and organizations and the air pollutant parameters taken from the Air Pollution Measurement Stations will be evaluated within the scope of the legislation after the measurement and it is aimed to reveal the relationship between the amount of fuel (natural gas + coal) used and air pollution, especially in the city center. Within the scope of the study, awareness and awareness work will be carried out on air pollution by making special interviews with the people living near the highway area where there is heavy traffic in the province, based on vulnerable groups*

Keywords: *Air Pollution, Pollutant Sources, Fragile Groups, Fossil Fuels, Human Health*

Giriş

Hava kirliliği, tüm dünyada ve dolayısıyla ülkemizde de çevresel faktörlerden kaynaklanan erken ölümlerin bir numaralı nedenidir; ancak aynı zamanda önemli ekonomik etkileri de vardır. Çalışanların sağlığının bozulmasından dolayı tıbbi maliyetleri artırır ve ekonomik verimliliği azaltır. Görünmeyen sağlık giderlerinde ciddi artış oluşturur. Hava kirliliği ayrıca toprağa, ekinlere, ormanlara, göllere ve nehirlere de zarar verir.

Endüstri, ulaştırma ve ısınma amaçlı kirletici kaynaklarının havada bulunma yüzde oranına göre hava kalitesi farklılık göstermektedir. Atmosferdeki kirlilik insan sağlığını olumsuz etkileyerek, canlıların yaşam kalitesini düşürmektedir. Yaşadığımız ortamdaki hava kalitesi ne kadar iyiyse, hayat kalitemiz de o kadar yüksek olmaktadır [1]. Hava kirliliği; nüfus artışı, düzensiz kentleşme, sanayi tesislerinin yerleşim merkezleri içerisinde kalması, özellikle konutlarda ısıtmada sosyo-ekonomik nedenlerden dolayı kalitesi düşük yakıtların kullanılıyor olması, motorlu taşıt sayısının artması, meteorolojik ve topoğrafik şartlar etkisiyle oluşan kirleticilerin havanın doğal bileşimini bozması olarak ifade edilmektedir [2]. Çeşitli kaynaklardan salınan kirletici emisyonları atmosferde dağılarak ve değişikliğe uğrayarak farklı mikro ortamlarda farklı derişimlerde bulunurlar. Bu derişimlere farklı süreler boyunca maruz kalan bireylerde kirleticilerin spesifik özelliklerine göre değişik şekillerde vücudun içine alınması neticesinde biyolojik yanıt olarak olumsuz sağlık etkileri ortaya çıkmaktadır [3]. Hamileler, çocuklar, yaşlılar gibi hassas ve savunmasız gruplar ve hâlihazırda solunum yolu ve diğer ciddi hastalıkları olan kişiler hava kirliliğinden en üst seviyede etkilenmektedirler [4].

Soluduğumuz havadaki kirliliğin yaklaşık yüzde ellisi karayolu taşıtlarından kaynaklı emisyonlardan kaynaklandığı bilinmektedir. Bunun sonucunda özellikle otoyol kenarlarındaki yerleşim yerleri açısından havayı kirleten emisyonlar büyük yer ve risk teşkil etmektedir. Bu çalışma ile Adana'da hava kalitesi ölçümleri ve kirletici kaynakları ölçüm istasyon verileri baz alınarak değerlendirilerek burada yaşayan insanların nasıl bir hava teneffüs ettiğinin farkına varması açısından önemli olacaktır. Sosyo-ekonomik gelişmişlik, alım gücünün artması ısınma amaçlı alt yapı hizmeti olan doğalgazın kullanımının yaygın olarak kullanılmasını sağlayarak hava kirliliği parametrelerinin orantılı olarak azaldığını gösterir. Sonuç olarak denilebilir ki sosyo-ekonomik yapı ve eğitim seviyesi yükseldikçe insanların çevreye olan bakışları değişmekte, sorgulamakta ve hava kirliliği yoğun olan bölgelerde yaşamayı tercih etmemektedir. Aynı zamanda ekonomik gelişmişlik alt yapı hizmetlerinden biri olan ve nispeten temiz bir yakıt olan doğalgaz hizmetinin de alımını hızlandırmaktadır [1]. Bu nedenle kirletici yoğunluğu ısınmadan kaynaklı olan bölgelerde doğalgazın hızlı bir şekilde sunulmasının aciliyet taşıyan bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Adana ilinde gerek şehrin güney ve doğusundaki mahallelerde yaşayanlardan gerekse yine aynı mahallelerin almış olduğu yoğun vasıfsız göçten dolayı oluşan hava kirliliği yoğunluğunun bu bölgelerde farklı ısınma malzemelerinin (fosil yakıtlar, kağıt, karton, atık vb.) kullanılmasından kaynaklandığı bilinmektedir.

Bu çalışma kapsamında Adana`nın sosyoekonomik yapısı irdelenerek, hava kalitesi değerlerini görmek, bu bölgede yaşamakta olan insanların nasıl etkilendiği ile ilgili çıkarımlar elde edilmesi amaçlanmaktadır. Hava kalitesi ölçümleri ve kirletici kaynakları ölçüm istasyon verileri baz alınarak ortaya çıkarılacak kirlilik seviyesi vatandaşların (kırılgan grupların) nasıl bir hava teneffüs ettiğinin bilinmesi açısından önemli olacaktır. Otoyol kenarında yaşayan insanların taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliği nedeniyle insan sağlığı açısından oluşturduğu tehlike ve oluşabilecek hastalık riskleri belirlenecektir. Ayrıca Dünya sorunu haline gelen iklim değişikliğine Adana özelinde hava kirliliğinin ne derece etkili olduğuna değinilecek olup alınması gereken önlemler konusunda yol gösterici olacaktır.

Yöntem

Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nce hazırlanmış olan Temiz Hava Eylem Planı ve Adana Temiz Hava Merkezi'ne bağlı hava kalitesi izleme istasyonlarından Ulusal Hava İzleme Ağı veriler derlenerek ilgili yönetmelik kapsamında değerlendirilmiştir.

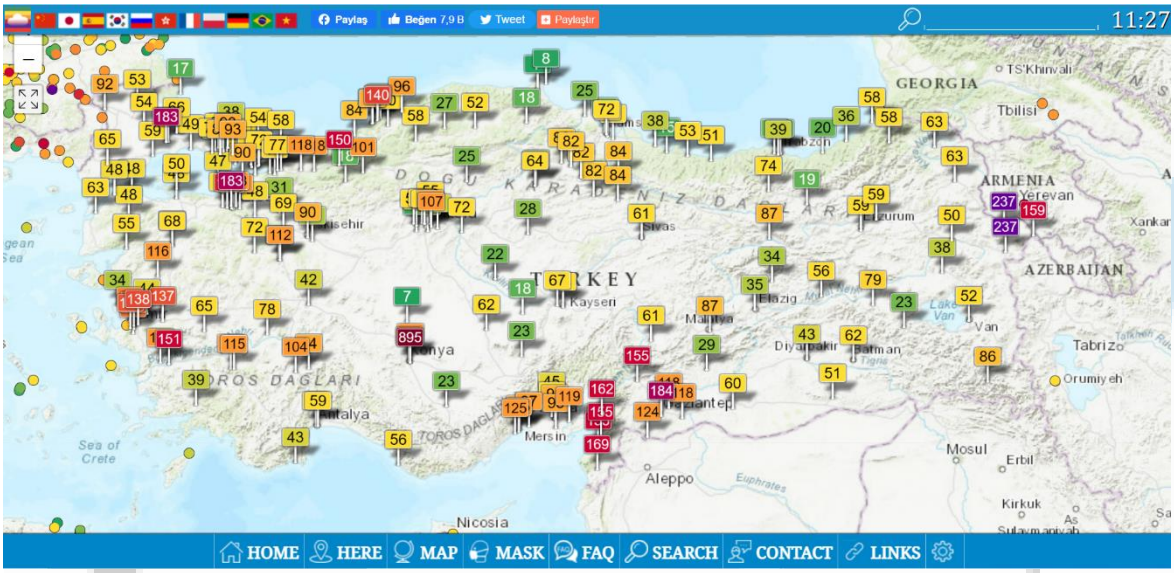
Bulgular

Türkiye'de hava kirliliği yaşayan bölgeleri belirlemek adına kanser, üst ve alt solunum yolu enfeksiyonları, astım, alerji, stres, depresyon gibi sağlık problemlerine yol açan partikül madde 2.5

(PM2.5), partikül madde 10 (PM10), kükürtdioksit (SO2), azotdioksit (NO2), azotoksitler (NOX), karbonmonoksit (CO) ve ozon (O3) parametreleri için limit değer aşımları ve ortalama değerleri incelenmiştir. Değerlendirilen parametrelere ilişkin veriler T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'ndan alınmaktadır.

(https://sim.csb.gov.tr/STN/STN_Report/StationDataDownloadNew).

Alınan veriler Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), Avrupa Birliği (AB) ve ülkemiz mevzuatı üzerinden bilimsel olarak değerlendirilmiştir. Aynı zamanda hava kalitesi izleme istasyonlarının veri alım yüzdesi gibi performansına dair bilgileri içermektedir.



Şekil 1. Harita: gerçek zamanlı hava kirliliği (https://waqi.info)

Genel olarak ülkemizin doğu tarafında hava kalitesi konsantrasyonları çok uzun zamandır orta – hassas ve sağlıksız kategorilerde seyretmektedir. Özellikle birçok ilde PM10 (Partikül Madde) konsantrasyonun sınır değerde (Diyarbakır, Siirt, Urfa vb.), kimi illerde sınır değerin 2-3 katı üzerinde (Batman, Ağrı, Iğdır, Doğubeyazıt, Malatya, Erzurum, Erzincan, Maraş) yıl ortalaması olarak seyir etmektedir.

Sosyal imkânlardan kaynaklı katı yakıt (kalitesiz kömür, 10 numara yağ yakıtı), fosil yakıtlar, endüstriyel tesislerden çıkan gazlar ve partiküller (filtresiz bacalar, kontrol bakımları yapılmayan bacalar) termik santraller, komşu ülkelerden hava akımı etkisiyle gelen çöl tozları ve nüfus artışı hava kirliliğini etkilemektedir.

Bu çalışmamızda baz aldığımız Adana ili hava kirliliği, 2018 yılı TÜİK verilerine göre yaklaşık 2,2 milyon nüfus ile 6. büyük ilimiz olarak Türkiye nüfusunun yaklaşık %3ünü oluşturmaktadır. Günümüzde Adana nüfusunun %90ı il ve ilçe merkezlerinde yaşamaktadır. Yapılan klinik çalışmalarda hava kirliliğinin solunum yolu hastalıklarını artırdığı tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) raporlarına göre, dünya çapında her yıl, yaklaşık 4milyon insan dış ortam hava kirliliği nedeniyle hayatını kaybetmektedir.

Adana, Türkiye'de sanayileşmenin öncü şehirlerinden biridir. 1970-1990 yılları arasında artan sanayileşme hamleleri ile büyük sanayi kuruluşları şehirde yoğunlaşmıştır. Tarım ve sanayi potansiyelinin yanı sıra limanlar, karayolu, demiryolu ve boru hatları ile içeriye ve dışarıya hammadde/ürün taşımacılığının kolaylığı nedeniyle bölgeyi ulusal sınırların ötesine taşıyan stratejik bir konumdadır. Bütün bu faaliyetler ilimizde hava kirliliğini arttırmaktadır. Türkiye'de solunum yolu hastalıkları nedeniyle hey yıl gerçekleşen ölüm oranı son on yılda iki katına çıkarken bu oran ilimizde 2,2 kat artış göstermiştir. Saatlik ve günlük hava kirliliği ölçümü yapan 81 ildeki 213 istasyonun kükürtdioksit (SO_2)verileri ile 49 ildeki 173 istasyonun yıllık azotoksit (NO_x) verilerine göre yapılan

değerlendirmede SO_2 ve NO_x kaynaklı hava kirliliğini yaşayan iller arasında Adana ilk sıralarda yer almaktadır. Ayrıca partikül madde (PM_{10}) kaynaklı hava kirliliği de ilimizde üst sınırlardadır.

Adana ilinde T.C Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Akdeniz Temiz Hava Merkezi 'ne bağlı 7 istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonlardan 4 tanesi 2020 yılı itibariyle ölçüme başlamıştır.

Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağından 1 Ocak 2021 – 31 Aralık 2021 tarihlerini kapsayacak şekilde Adana ilinde bulunan istasyonların her kirletici için kategori bazında (PM2.5, PM10, NOx, SO2, CO, O3 gibi) ölçümü yapılan, veri alımının emisyon sağlanmadığı istasyonların ölçüm değerlerinin DSÖ VE AB Yıllık limit değerlerine göre karşılaştırma tabloları aşağıda yer almaktadır. Bu tablodaki değerlerine bakıldığında yalnızca bir tanesinde veri alımı olmamıştır. Diğer üç istasyonda minimum veri alımı sağlanmıştır. Adana-Yakapınar ve AdanaValilik istasyonlarında minimum veri alımı sağlanamamasına rağmen DSÖ(2021) günlük limit değeri, yalnızca Adana-Yakapınar istasyonunda ise AB ve ulusal günlük limit değer aşılmıştır.

Tablo 1. $PM_{2.5}$ Ölçümü yapılan, ancak minimum veri alımının sağlanmadığı istasyonların değerlerinin karşılaştırılması*

İstasyon Adı	$PM_{2.5}$ Yıllık Ortalama Değerleri(µg/m³) (DSÖ(2005) Yıllık Limit Değerinin Aşıldığı İstasyonlar Renklendirilmiştir.)	$PM_{2.5}$ Yıllık Ortalama Değerleri(µg/m³) (DSÖ(2021) Yıllık Limit Değerinin Aşıldığı İstasyonlar Renklendirilmiştir.)	$PM_{2.5}$ Yıllık Ortalama Değerleri(µg/m³) (AB Yıllık Limit Değerinin Aşıldığı İstasyonlar Renklendirilmiştir.)	Ölçüm Yapılmayan Gün Sayısı	Veri Alımı (%)
Adana-Çukurova	14,82	14,82	14,82	127	65,21
Adana-Seyhan	21,90	21,90	21,90	64	82,47
Adana-Turhan Cemal Beriker Bulvarı	19,91	19,91	19,91	136	62,74
Adana-Yakapınar	21,09	21,09	21,09	114	68,77

*ÇMO Hava Kirliliği 2021 raporundan modifiye edilmiştir.

Tablo 2. PM_{10} Ölçümü yapılan, ancak minimum veri alımının sağlanmadığı istasyonların değerlerinin karşılaştırılması*

İstasyon Adı	DSÖ(2005), AB ve Ulusal Limit Değeri Aşan Gün Sayısı	DSÖ(2021) Limit Değeri Aşan Gün Sayısı	Ölçüm Yapılmayan Gün Sayısı	Veri Alımı (%)	PM_{10} Yıllık Ortalama Değerleri (µg/m³) (DSÖ(2021) Yıllık Limit Değerinin Aşıldığı İstasyonlar Renklendirilmiştir.)	PM_{10} Yıllık Ortalama Değerleri (µg/m³) (AB ve Ulusal Yıllık Limit Değerinin Aşıldığı İstasyonlar Renklendirilmiştir.)
Adana - Çatalan	7	7	41	88,77	23,50	23,50
Adana - Doğankent	68	68	135	63,01	38,96	38,96
Adana - Meteoroloji	19	19	103	71,78	28,18	28,18
Adana-Çukurova	27	27	129	64,66	35,65	35,65
Adana-Seyhan	146	146	95	73,97	63,06	63,06
Adana-Turhan Cemal Beriker Bulvarı	61	61	140	61,64	42,58	42,58
Adana-Yakapınar	93	93	114	68,77	49,83	49,83

*ÇMO Hava Kirliliği 2021 raporundan modifiye edilmiştir.

Tablo 3. SO2 Ölçümü yapılan ve minimum veri alımının sağlanmadığı istasyonların saatlik değerlerinin AB ve ulusal limit değerine göre karşılaştırılması ve istasyonları ölçüm yapılmayan saat sayıları ve veri alım yüzdeleri*

İstasyon Adı	AB ve Ulusal Limit Değerin Aşan Saat Sayısı	Ölçüm Yapılmayan saat Sayısı	Veri Alımı (%)
Adana - Doğankent	0	1641	81,27

İstasyon Adı	AB ve Ulusal Limit Değerin Aşan Saat Sayısı	Ölçüm Yapılmayan saat Sayısı	Veri Alımı (%)
Adana-Çukurova	0	2946	66,37
Adana-Seyhan	0	1654	81,12
Adana-Yakapınar	33	2763	68,46

*ÇMO Hava Kirliliği 2021 raporundan modifiye edilmiştir.

Tablo 4. NOx Ölçümü yapılan, ancak minimum veri alımının sağlanmadığı istasyonların veri alım yüzdeleri*

İstasyon Adı	Yıllık Ortalama Değer (µg/m³)	Ölçüm Yapılmayan Gün Sayısı	Veri Alımı (%)
Adana - Çatalan	20,80	73	80,00
Adana - Doğankent	28,13	51	86,03
Adana - Valilik	37,72	95	73,97
Adana-Çukurova	22,54	127	65,21
Adana-Seyhan	33,58	110	69,86
Adana-Turhan Cemal Beriker Bulvarı	128,43	146	60,00
Adana-Yakapınar	35,69	138	62,19

*ÇMO Hava Kirliliği 2021 raporundan modifiye edilmiştir.

Tablo 5. CO Ölçümü Yapılan, Ancak Minimum Veri Alımının Sağlanmadığı İstasyonların DSÖ, AB ve Ulusal Limit Değerini Aşıldığı Gün Sayısına Göre Karşılaştırması ve Veri Alım Yüzdeleri

İstasyon Adı	DSÖ, AB ve Ulusal Limit Değeri Aşan 8Saatlik Dilim Sayısı	Ölçüm Yapılmayan 8 Saatlik Dilim Sayısı	Veri Alımı (%)
Adana-Seyhan	0	193	82,37
Adana-Turhan Cemal Beriker Bulvarı	0	425	61,19
Adana-Yakapınar	0	324	70,41

*ÇMO Hava Kirliliği 2021 raporundan modifiye edilmiştir.

Tablo 6. O_3 Ölçümü Yapılan, Ancak Minimum Veri Alımının Sağlanmadığı İstasyonların DSÖ, AB ve Ulusal Limit Değerini Aşıldığı Gün Sayısına Göre Karşılaştırması ve Veri Alım Yüzdeleri

İstasyonm Adı	AB ve Ulusal Limit Değeri Aşan 8 Saatlik Dilim Sayısı	DSÖ Limit Değerini Aşan 8 Saatlik Dilim Sayısı	Ölçüm Yapılmayan 8 Saatlik Dilim Sayısı	Veri Alımı (%)
Adana-Çukurova	0	1	344	68,61
Adana-Yakapınar	60	104	341	68,89

Sonuç ve Öneriler

Adana ilinde hava kalitesini etkileyen sanayi, evsel ısınma, trafik kaynaklı emisyonlar

incelenmiş, hava kalitesi ölçüm sonuçları analiz edilerek hava kalitesi yönetimi çerçevesinde mevcut durumun tespiti yapılmıştır. İncelenen PM2.5, PM10, SO2, NO2, NOx, CO ve O3 parametrelerine bakıldığında birçok istasyonda veri alımının hiç olmadığı veya oldukça az olduğu (minimum veri alımının sağlanmadığı) ve eksi değerlerin olduğu istasyonlar yer almaktadır.

Sanayi tesislerinde doğalgaza geçildiği halde fiyatlardaki artış nedeniyle birçok tesisin doğalgazla birlikte yerli kömür kullanımına devam etmesi sanayi kaynaklı hava kirliliğinin artmasına sebep olan etkenlerin başında gelmektedir. Sanayi kaynaklı emisyonların hesaplamaları sonucu SO_2 emisyonu miktarının yüksek çıkması katı yakıt kullanımından kaynaklandığının önemli bir göstergesidir. Kış

aylarında evsel ısınmadan kaynaklı emisyonlar yerleşim yerlerinin yoğun olduğu bölgelerde yaşanan hava kirliliğine (SO_2 ve PM_{10}), ulaşım ve sanayi kaynaklı emisyonlardan daha fazla etki etmektedir. Ayrıca kentsel dönüşüm, inşaat faaliyetleri, şehir içi yolların bozuk olması gibi etkenler de partikül maddenin yıl boyunca artmasına neden olmaktadır. Bunlara ek olarak Adana`da ikinci ürünün ekimini kolaylaştırmak amacıyla haziran – eylül ayları arasında anız yangınlarından kaynaklı tarımsal faaliyetlerde PM_{10} emisyonlarını artıran sebeplerdir. Her geçen gün çoğalan araç sayısı ve bireysel araç kullanımının fazla olması, hafif raylı sistemin şehir merkezindeki trafik yükünü yeterince azaltamaması, sabah ve akşam saatleri servis hizmeti yapan (okul-iş vb.) araçların trafikte yoğun olarak seyretmesi, havalimanı ve otobüs terminalinin şehir merkezinde bulunması ilimizde trafikten kaynaklı emisyonları arttırmaktadır. Sonuç olarak alınacak bir dizi önlemle hava kirliliğinde ilk üç sırada olan ilimizin daha sağlıklı bir hava kalitesine kavuşması olasıdır. Alınacak önlemler arasında;

Büyükşehir Belediyesi ve ilçe belediyelerinin ivedilikle Kent Bilgi Sistemine geçmesi, konutların yerleri, ısınma sistemleri, bina yükseklikleri, vb bilgileri içerecek envanterlerin oluşturulması,

Özellikle Büyükşehir Belediyeleri tarafından, kente giren ve ısınmada kullanılan kömür miktarları ve kaliteleriyle ilgili denetimlerin yapılarak yıllık envanterin oluşturulması,

Araç muayene istasyonlarında yapılan muayenelerde araçların yakıt sistemleri ile ilgili bilgilerin envanterinin oluşturulması,

Sanayi tesislerinde yapılan emisyon ölçümlerine ait raporların çevrimiçi olarak kayıt altına alınması ve bu verilere yerel, bölgesel ve ulusal ölçekte erişilebilmesi,

Isınma amaçlı kullanılan kömürlerin ithalatçı/üretici, dağıtıcı ve satıcılara ait satış

bilgilerinin çevrimiçi olarak kayıt altına alınması ve bu verilere yerel, bölgesel ve ulusal ölçekte ulaşılabilmesi,

Ülke genelinde kurum ve kuruluşlara ait yakıt kullanımı ile ilgili veri envanterinin

oluşturulması gerekmektedir.

Teşekkür

22303012 nolu “Hava Kirliliğinin İklim Değişikliği Üzerine Etkileri: Adana Örneği” isimli proje Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

BOĞAN, M. (2016). İklim Değişiklikleri, Çöl Tozları ve Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, Tıpta Uzmanlık Tezi, Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi, Gaziantep.

[4] ÇAPRAZ, Ö. (2021). İstanbul’da Hava Kirliliğinin Solunum Sistemi Hastaliklari Üzerindeki Etkilerinin Analizi, Doktora Tezi, Meteoroloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı Atmosfer Bilimleri Programı,İstanbul

[1] EKİNCİ, A. (2019). Şanlıurfa’nin Sosyo Ekonomik Durumunun Hava Kirliliği Üzerine Etkisi, Yükseklisans Tezi,Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı,Şanlıurfa

[3] KUNAY, B.Ş. (2018). Manisa’da Hava Kirliliğinin Acil Servise Başvuran Çocuklarda Solunum Yakınmalarına Etkisi, Uzmanlık Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Manisa

[2] SARI, E. (2015). Şehirlerarası Yol Güzergâhındaki Yerleşim Yerlerinin Gürültü ve Hava Kirliliği Sorunu (Havza-Samsun Örneği), Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, Samsun

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası (Haziran 2022). 2021 Hava Kirliliği Raporu

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Adana Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (Şubat 2020).Adana İli Temiz Hava Eylem Planı THEP (2020-2024)

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Adana Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (2013). Kentair G2G11/TR/6/2 Adana Hava Kalitesi Değerlendirme Raporu Kentair projesi

Presentation ID / Sunum No: 64

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-1792-8254

Yapay Zeka ve Görüntü İşleme Algoritmalarının Hastalık Teşhisindeki Önemi

Dr. Cihan Akyel
MEB

Özet: *Günümüzde genetik faktörlerin yanında çevresel etkiler ve yaşam tarzı gibi değişkenlerin de etkisiyle kanser, diyabet gibi hastalıkların görülme sıklığı artmaktadır. Bu tür hastalıkların teşhisinde erken teşhis hastaların tedavi edilebilme oranını artıran önemli bir unsurdur. Ayrıca kanser ve diyabet gibi hastalıkların tedavisi sağlık sistemine ciddi yükler getirmektedir. Görüntüler ya da veriler üzerinden teşhis konulabilen her hastalık için yapay zeka ve görüntü işleme yöntemleri de kullanılabilir. Bu yöntemlerin en büyük avantajı insan hatasını teşhis sürecinden çıkarabilmesidir. Bu yöntemler ile hızlı, düşük maliyetli çözümler sağlanabilmektedir. Yapay zeka ve görüntü işleme algoritmalarının tek başlarına uzmanlar yerine karar vermekten çok uzmanlara teşhis sürecinde destek sağlanması amaçlanmaktadır. Akciğer, cilt, karaciğer, böbrek, kolon, göğüs kanseri gibi birçok kanser türü bilgisayarlı tomografi (BT), histopatolojik görüntüler kullanılarak bu yöntemler ile teşhis edilebilmektedir. Bu süreçte teşhis sonucunun yanında sunulacak işlenmiş görüntüler karar sürecinde karar vericilere destek sağlayacaktır. Bu çalışmada yapay zeka ve görüntü işleme algoritmalarının hastalık teşhisinde kullanımı araştırılmış ve şu anda gelinen durum aktarılmaya çalışılmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Yapay Zeka, Görüntü İşleme, Hastalık Teşhisi, Kanser, Diyabet.*

The Importance of Deep Learning and Image Processing Algorithms in the Diagnosis of Cancer

Abstract*: Today, the incidence of diseases such as cancer and diabetes is increasing due to genetic factors, environmental effects, and lifestyle variables. Early diagnosis in the diagnosis of such diseases is an important element that increases the rate of treatment of patients. In addition, the treatment of diseases such as cancer and diabetes imposes serious burdens on the health system. Artificial intelligence and image processing methods can also be used for any disease that can be diagnosed through images or data. The biggest advantage of these methods is that they can remove human error from the diagnostic process. With these methods, fast, low-cost solutions can be provided. Artificial intelligence and image processing algorithms are intended to support experts in the diagnosis process rather than making decisions for experts alone. Many cancer types such as lung, skin, liver, kidney, colon, and breast cancer can be diagnosed by these methods using computed tomography (CT) and histopathological images. In this process, the processed images to be presented next to the diagnosis result will support the decision makers in the decision process. In this study, the use of artificial intelligence and image processing algorithms in disease diagnosis has been investigated and the current situation has been tried to be conveyed.*

Keywords: *Artificial Intelligence, Image Processing, Disease Diagnosis, Cancer, Diabetes*

GİRİŞ

Dünyada yaşam tarzı, çevresel etmenler, beslenme alışkanlıkları ve genetik faktörlerin de etkisiyle başta kanser ve diyabet olmak üzere birçok hastalık artma eğilimi göstermektedir. Günümüzde ölümlerin en büyük sebebi bulaşıcı olmayan rahatsızlıklardır. Türkiye'de ölümlerin %87'si bulaşıcı olmayan hastalıklardan kaynaklanmaktadır [1]. Bu hastalıklar arasında kanser ve diyabet önemli yer tutmaktadır. Dünya sağlık örgütünün verilene göre 2019 yılında dünyada en yüksek ölüm sebepleri sırasıyla kalp krizi, felç, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, alt solunum yolu enfeksiyonları, yenidoğan koşulları, Trakea, bronş ve akciğer kanserleri, alzaymır ve diğer bunamalar, ishal, diyabet ve böbrek hastalıkları [2].

Hastalıkların erken teşhisi tedavi edilebilme ihtimallerini artıran en önemli etmendir. Özellikle kanser ve diyabetin erken teşhisi önemlidir. Kanser hayatta kalım oranı hastalığın erken evrelerinde teşhis edilmesiyle artmaktadır. Hastalıkların teşhisinde gelişen teknolojiyle birlikte bilgisayar destekli yöntemlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu yöntemler hastalık teşhisinde uzmanlara yardımcı olarak sürecin daha başarılı ve hızlı gerçekleşmesini sağlayabilmektedirler. En önemli avantajları maliyeti düşürmeleri ve aynı zamanda insan hatasını bertaraf edebiliyor olmalarıdır.

Kanser ve diyabet teşhisinde yapay ve görüntü işleme algoritmalarının kullanıldığı çalışmalar literatürde yerini almaktadır. Bu yöntemler ile vakalar hızlı ve başarılı şekilde teşhis edilebilecektir. Bu çalışmada kanser ve diyabetin teşhisi için kullanılan yapay zekâ ve görüntü işleme algoritmaları örnek uygulamalar üzerinden verilmiştir.

KANSER TEŞHİSİNDE YAPAY ZEKÂ

Kanser vakalarının yapay zekâ ile teşhis edilebilmesi için etikete sahip veri setlerinin bulunması gereklidir. Bu veri setleri sayısal veriler olabileceği gibi bilgisayarlı tomografi, ultrason gibi görüntüleme yöntemleriyle elde edilmiş görüntüler de olabilmektedir.

Sayısal verilerle yapılacak eğitimlerde derin öğrenme yerine makine öğrenmesi tercih edilmektedir. Sayısal verilere sonuç etiketlerinin yer aldığı veri setleri ile denetimli öğrenme gerçekleştirilir. Bu duruma örnek Doğan ve ark. [3] yaptıkları çalışmada görülmektedir. Bu çalışmada göğüs kanserinin teşhisi için sayısal verileri içeren bir veri seti kullanılmıştır. Bu veriler makine öğrenmesi ile eğitilmiştir. Sınıflandırma için K en yakın komşu algoritmasının kullanıldığı çalışmada %99.42 eğitim başarısı elde edilmiştir.

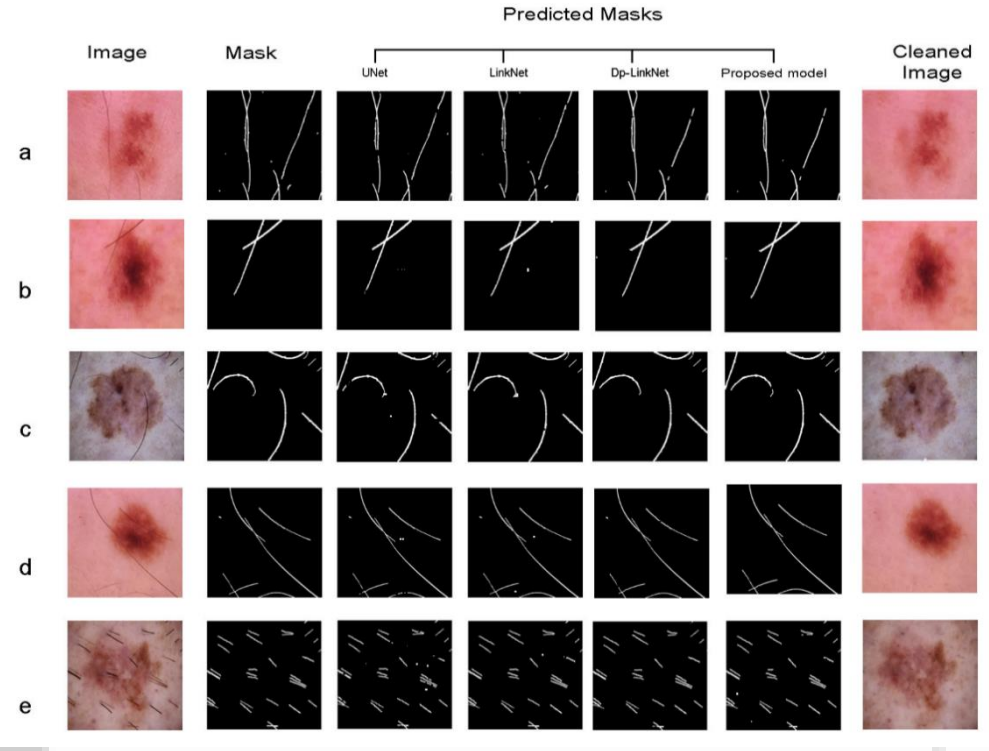
Kanser teşhisinde bilgisayarlı tomografi, ultrason, kolonoskopi gibi birçok görüntüleme tekniğinden faydalanılmaktadır. Bu görüntülerin uzmanlar tarafından yorumlandığı veri setleri yapay zekâ yöntemlerince kullanılabilmektedir. Bu yöntemlerde makine öğrenmesinden farklı bir yapay zekâ tekniği olan derin öğrenme tercih edilmektedir. Derin öğrenmede makine öğrenmesinden farklı olarak 1'den fazla gizil katman yer almaktadır. Bu katmanlar üzerinden görüntülerdeki özellikler çıkarılabilmektedir [4].

Bir yapay zekâ tekniği olan derin öğrenmenin medikal görüntüler üzerinden kanser teşhisinde kullanıldığı birçok çalışma literatürde yerini almıştır. Bu tür sınıflandırma da her görüntünün iyi huylu ve kötü huylu gibi hangi sınıfa ait olduğunun bilgisi verilmelidir. Bu şekilde sınıfı belli olan görüntüler derin öğrenme algoritmaları ile eğitime alınabilmektedirler. Örnek olarak cilt kanserinin görüntüler üzerinden sınıflandırıldığı Rehman ve ark. [5] tarafından sunulan bir çalışma aktarılmıştır. Bu çalışmada cilt kanseri lezyonuna ait görüntüler iyi huylu ve kötü huylu olarak sınıflandırılmıştır. Cilt kanseri lezyonlarının sınıflandırılmasında düşük kontrast geçişleri, lezyon üzerindeki parlamalar gibi zorluklar vardır. Çalışmada MobileNetV2 ve DenseNet201 derin öğrenme algoritmaları kullanılmış ve gürültü temizliği yapılmamıştır. Veriler üzerinde eğitime alınmadan önce kontrast iyileştirme ve veri artırma uygulanmıştır. 660 görüntüden oluşan ISIC'a ait kaggle veri setinin kullanılmış ve %91.86 eğitim başarısı elde edilmiştir.

Bilgisayarlı tomografi böbrek, karaciğer gibi birçok kanser türünün teşhisinde uzmanlara yardımcı olmaktadır. Bu şekilde elde edilen görüntüler de her hasta için farklı dilimlere ayrılmış olarak çok sayıda bulunmaktadır. Bu tür görüntülerin sınıflandırılmasında genellikle önce organ bölütlenerek görüntüden ayrıştırılmaktadır. Daha sonra organ içinde bulunan olası tümörler bölütlenerek sınıflara ayrılabilmektedir. Bu alanda Bayram ve ark. yaptıkları çalışmada %85.4 f1-skor değeri elde edilmiştir [6].

Bu çalışmalarda eğitime alınan görüntüler derin öğrenme algoritmasının başarısını artırmak için görüntü işleme ile ön işlemden geçirilebilmektedirler. Görüntü işleme algoritmaları ile veri setindeki gereksiz verilerin çıkarılması, gürültülerin temizlenmesi, görüntünün boyutlanması gibi farklı işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Da Cruz ve ark. tarafından gerçekleştirilen çalışmada UNet algoritması ile böbrek bölütlemesi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada böbreğin yer almadığı BT görüntüleri geliştirilen yöntemle ayıklanarak bölütleme eğitimine alınmamıştır. KiTS2019 veri ile %96.33 zar doğruluğu elde edilmiştir [7].

Görüntü işleme ve derin öğrenme algoritmaları birlikte kullanılarak sınıflandırma eğitime alınacak gürültülerin temizlenmesi sağlanabilmektedir. Akyel ve Arıcı'nın çalışmalarında linknet tabanlı yeni bir algoritma olan LinkNetB7 ile cilt kanseri görüntülerindeki gürültüler giderilmiş ve lezyon bölütlenmiştir [8]. Çalışmaya ait örnek bir görüntü Şekil 1'de yer almaktadır.



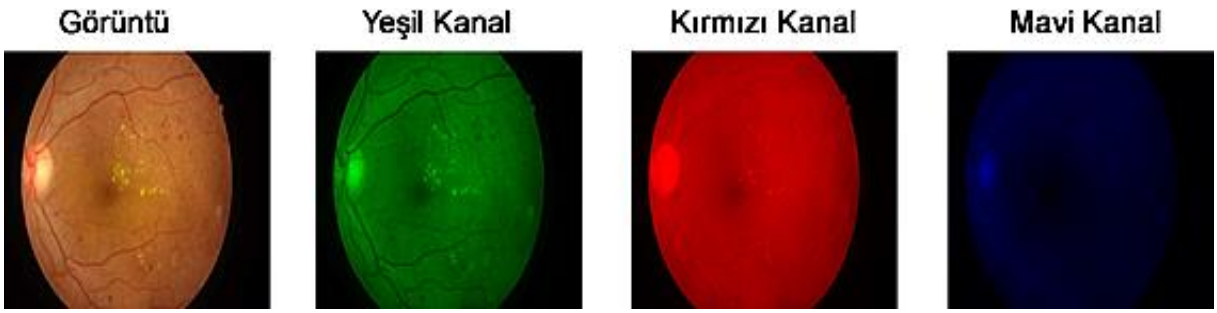
Şekil 1. LinkNetB7 ile gürültü temizliği aşaması [8]

DİYABET TEŞHİSİNDE YAPAY ZEKÂ

Diyabet insan vücudunda yeterli insülin üretilememesi ya da üretilenin etkili kullanılamaması ile ortaya çıkan bir hastalık olarak tanımlanabilir. Diyabette genellikle yüksek kan şekeri durumu görülür. Diyabetin görülme sıklığı obezite, hareketsiz yaşam tarzı ve genetik faktörlerin de etkisiyle günümüzde artan bir ivme göstermektedir. 2019 yılında dünyada yaklaşım 460 milyon diyabetli hasta olduğu görülmektedir [9]. Diyabet farklı organlara kan dolaşımı yoluyla zarar verebilmektedir. Diyabetin retina tabakasındaki damarları tahrip etmesiyle ortaya çıkan hastalığa diyabetik retinopati denilmektedir. Diyabetik retinopati dünya üzerindeki en önemli körlük nedenleri arasındadır [10].

Diyabetik retinopatinin teşhisiyle ilgili derin öğrenme ve görüntü işleme algritmalarını kullanan çalışmalar vardır. Zago ve arkadaşları [13] VGG16 derin öğrenme algoritmasını kullanarak diyabetik retinopatinin teşhisi için bir çalışma sunmuşlardır. %94 duyarlılık değeri çalışma kapsamında elde edilmiştir. Zhu ve Li'nin [14] sundukları CANet adlı algoritma ResNet50 algoritmasını temel almaktadır. Bu çalışmada messidor veri seti ile sırasıyla %92.6 eğitim başarısı, %92 duyarlılık değerleri gözlemlenmiştir.

Bazı çalışmalarda göze ait fundus görüntülerindeki damar gürültüsünün öncelikle temizlendiği görülmüştür. Damar gürültüsünün yeşil renk kanalı ile daha belirgin olarak görüldüğü belirtilmiştir. Yeşil renk kanalındaki görüntüler derin öğrenme algoritmalarına girdi olarak alınmak ve başarı artışı sağlanmaktadır [14]. Şekil 2'de farklı renk kanallarında damar gürültüsünün görünümü yer almaktadır. Yeşil kanalda damarların daha net olduğu görülmektedir



Şekil 2. Damar gürültüsünün farklı renk kanallarındaki görünümü

TARTIŞMA

Günümüzde gelişen yapay zekâ ve görüntü işleme algoritmalarıyla kanser ve diyabet gibi hastalıkların hızlı ve neredeyse sıfır maliyetle teşhisi mümkün olabilmektedir. Bu yöntemler teşhis sürecinde insan hatasını ortadan kaldırabilecektir. Uzmanlar yerine onlar vermekten çok onlara bu süreçte yardımcı olmaları olası görülmektedir. Derin öğrenme yöntemlerinde girdi olarak alınacak verinin görüntü işleme ile ön işlemden geçirilmesinin başarıyı artırabildiği görülmüştür. Bu durumda bir yapay zekâ tekniği olan derin öğrenmenin görüntü işleme ile birlikte kullanılması faydalı görülmektedir.

Sonuç olarak yapay zekâ günümüzde birçok alanda olduğu gibi tıp alanında da etkisini giderek daha fazla hissettirmektedir. Kanser ve diyabet gibi hastalıklar için erken teşhis çok önemli olup sağlık sistemindeki maliyet yükünü de hafifletebilmektedir. Bu bilgiler ışığında yapay zekânın sağlık sistemlerindeki maliyeti düşüreceği ve erken teşhis ile hastaların hayatta kalma oranını artıracağı öngörülebilir.

KAYNAKLAR

[1] Zehirlioglu L. , Mert H. Kronik hastalıklara yeni yaklaşım: Yaşam tarzı tıbbı. Mersin Univ Saglık Bilim Derg. 2019; 12(2): 341-350.

[2] İnternet WHO, https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death, Erişim (05/12/2022).

[3] H. Doğan , A. Tatar , A. K. Tanyıldızı ve B. Taşar , "Breast Cancer Diagnosis with Machine Learning Techniques", Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, c. 11, sayı. 2, ss. 594-603, Haz. 2022.

[4] Akyel C. , Arıcı N. Cilt Kanserinde Kıl Temizliği ve Lezyon Bölütlemesinde Yeni Bir Yaklaşım. Politeknik Dergisi. 2020; 23(3): 821-828.

[5] Rehman, M., Ahmed, F., Alsuhibany, S. A., Jamal, S. S., Ali, M. Z., and Ahmad, J., 2022. Classification of Skin Cancer Lesions Using Explainable Deep Learning. *Sensors*, ***22***, 1–14.

[6] Bayram A. F. , Gurkan C. , Budak A. , Karataş H. A Detection and Prediction Model Based on Deep Learning Assisted by Explainable Artificial Intelligence for Kidney Diseases. EJOSAT. 2022; (40): 67-74.

[7] L. B. Da Cruz, J. D. L. Araújo, J. L. Ferreira, J. O. B. Diniz, A. C. Silva, J. D. S. De Almeida, A. C. De Paiva, M. Gattass, "Kidney segmentation from computed tomography images using deep neural network," *Computers in Biology and Medicine*, 123, 1-12, 2020.

[8] Akyel C, Arıcı N. LinkNet-B7: Noise Removal and Lesion Segmentation in Images of Skin Cancer. *Mathematics*. 2022; 10(5):736. https://doi.org/10.3390/math10050736

[9] Ö. Canbolat, Ş. Ekenler ve Ü. Polat, "Diyabet Özyönetiminde Engeller Ve Kolaylaştırıcılar," *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, c. 29, s. 1, ss. 143-148, 2021.

[10] Y. B. Özçelik, A. Altan, Ö. Canbolat, Ş. Ekenler ve Ü. Polat, "Diyabetik Retinopati Teşhisi için Fundus Görüntülerinin Derin Öğrenme Tabanlı Sınıflandırılması," *Europan Journal of Science and Technology*, Özel Sayı, ss. 156-167, 2021.

[11] G. T. Zago, R. V. Andreão, B. Dorizzi, and E. O. Teatini Salles, ‘‘Diabetic retinopathy detection using red lesion localization and convolutional neural networks,’’ *Comput. Biol. Med.*, vol. 116, 2020.

[12] L. Zhu, and X. Li, “CANet: Cross-disease Attention Network for Joint Diabetic Retinopathy and Diabetic Macular Edema Grading,” IEEE Trans Med Imaging, vol. 39, no. 5, pp. 1483-1493, 2019.

[13] X. Tan, S. Lai, and M. Zhang, “Green Channel Guiding Denoising on Bayer Image,” The Scientific World Journal, vol. 2014, pp. 1-9, 2014.

Presentation ID / Sunum No: 67

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-1062-2439

Next: Mobil Kurye Yazılımının Gerçekleştirimi

Araştırmacı Handan Keçici May[1], Araştırmacı Burak Yağızyılmaz[1], Araştırmacı Hakan Sayın[1], Araştırmacı Can Öztoker[1], Araştırmacı Gönül Beril Aksu[1], Doç.Dr. Buket Doğan[2]
[1]Mng Kargo Ar-Ge Merkezi, İstanbul, Türkiye
[2]Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

*Corresponding author: Buket Doğan

Özet: *Bilişim teknolojilerindeki gelişmelerle lojistik alanında sunulan hizmetlerde büyük bir dönüşüm yaşanmaktadır. E-ticaret hacminin artışı ve ekonomik küreselleşme, ürünleri en hızlı, doğru ve maliyet etkin şekilde taşıma konusunda yeni yöntemler bulma konusunda taşımacılık sistemleri üzerinde büyük baskılar oluşturmaktadır. Bu rekabet ortamında işletmeler teknoloji ve yazılım araçlarını iş süreçlerine uygulayarak verdikleri hizmetlerde kalite sağlayarak avantaj elde edebilmektedirler. M-lojistik, mobil cihazların ve uygulamaların lojistik alanında kullanımı ile hizmetlere erişim kolaylığı, verilerin şeffaf ve esnek bir biçimde paylaşılması gibi avantajlar ile büyük fırsatlar sunmaktadır. Bu noktadan hareketle; ülkemizin taşımacılık alanında önde gelen bir işletmesinin dağıtım faaliyetlerini gerçekleştirirken, kargo taşıma işlem süreçlerinde kullanılacak NEXT adı verilen mobil kurye yazılım sisteminin gerçekleştirim süreci bu çalışmada ele alınmaktadır. Çevik yazılım geliştirme metodolojilerinden SCRUM yöntemini MVP (Minimum Viable Product) yaklaşımı ile kullanılarak geliştirilen NEXT yazılımının; mimari tasarımı, gereksinim analizindeki ihtiyaçları karşılamak üzere kullanılan teknolojiler ve kullanıcı arayüz tasarımları bu çalışmada açıklanmaktadır. NEXT yazılımı ile bir kuryenin; kullanıcı dostu ekranlar, çevrimdışı kullanılabilme gibi özellikleri ile sahada üst düzey verimlilikte çalışabilmesi, esnek saatlerde teslimat yapılabilmesi sağlanarak işletmeye büyük bir fayda sunulmaktadır. Katmanlı mimari kullanılarak oluşturulan bu sistem, teslimat işlemleri sırasındaki veri akış dengesini sağlamak için kuyruklama sunucusu kullanarak mesaj kuyruğunun üretici ve tüketici taraflar arasında iletişimini sağlamaktadır. Hem mevcut kuryeler hem de sisteme dinamik eklenebilen girişimci kuryeler bu sistemde hak edişlerini görebilmekte ve günlük rutin faaliyetleriyle ilgili anında bildirim alabilmektedirler. Her geçen gün artan talebi karşılamak için, zorlu rekabet koşullarında kaliteli hizmet sunmaya çalışan lojistik alanına, NEXT mobil kurye yazılımının gerçekleştirim sürecinin ortaya konması ile uygulama katkısı sağlanması amaçlanmaktadır.*

Anahtar Kelimeler: *Çevik Yazılım Geliştirme, Scrum, Mobil Yazılım, M-Lojistik*

Next: Implementation of Mobile Courier Software

Abstract*: As a result of the developments in information technologies, there is a great transformation in the services offered in the field of logistics. The increase in e-commerce volume and economic globalization are putting great pressure on transportation systems to find new ways to transport in the fastest, most accurate and cost-effective way. In this competitive environment, businesses apply technology and software tools to their operational processes and gain advantage by providing quality in the services. M-logistics offers great opportunities with the use of mobile devices and applications in the field of logistics such as ease of access to services and the transparent and flexible sharing of data. Starting from this point of view; the implementation process of the mobile courier software system called NEXT which is used by a leading company in the field of transportation in our country for the cargo transportation process is explained in this study. The architectural design of NEXT software, which is developed by using the SCRUM method with the MVP (Minimum Viable Product) approach which is one of the agile software development methodologies, the technologies used to meet the needs in requirements analysis and user interface designs are explained in this study. With the NEXT software, a courier can work at a high level of efficiency in the field with features such as user-friendly screens, offline use, and delivery at flexible hours, providing a great benefit to the business. In this system, which is created using a layered architecture, the message queue is communicated between the producer and consumer by using a queuing server to ensure the data flow balance during the delivery processes. Both existing couriers and entrepreneur*

couriers who can be added to the system dynamically. Also, they can see their progress and receive instant notifications about their daily routine activities in this system. In the logistics field, which tries to provide quality service in tough competition conditions to meet the increasing demand it is aimed to provide application contribution by revealing the realization process of NEXT mobile courier software.

Keywords: *Agile Software Development, Scrum, Mobile Software, M-Logistics*

GİRİŞ

Taşıma ve lojistik alanı hem geleneksel ticaret hem de e-ticaret alanındaki işlem hacmi artmasına bağlı olarak dünya çapında son dönemde büyük bir büyüme kaydetmiştir. Bu büyüme; lojistik süreçlerin karmaşıklaşması, genel sevkiyat sayısının artması, müşterilerin kaliteli hizmet beklentilerinin oluşması, farklı yerlere taşınması gereken daha fazla sevkiyat ve bu alanda çalışacak daha fazla insan kaynağına ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur (Schumacher, Gschweidl ve Rieder, 2010:18). Artan sevkiyat sayısı lojistik hizmet sağlayıcıları için büyük bir sorun teşkil etmektedir. Bu noktada lojistik hizmet sağlayan işletmeler mümkün olduğu kadar çok sevkiyatla, kısa sürede, insan ve nakliye araçlarının optimum şekilde kullanılması ile teslimatları gerçekleştirecek teknolojilere yönelmektedirler. İletişim, e-ticaret, eğitim gibi farklı alanlarda kullanılan mobil iletişim teknolojilerinin lojistik alanında da kullanımı bu alandaki veri akışını yönetmek, müşteriler, tedarikçiler, taşıyıcılar, bankalar gibi paydaşlar ile ilgili süreçleri yönetmek için kullanılabilmektedir. Lojistik alanında internet, bilgi teknolojileri, donanım ve yazılımların kullanılarak faaliyetlerin gerçekleştirilmesi e-lojistik ve m-lojistik kavramlarının ortaya çıkmasını sağlamıştır (V. I. Skitsko, 2016:309). E-lojistik, iletişim yardımıyla İnternet üzerinden elektronik veri alışverişi yapılan üreticileri (dağıtıcıları), lojistik merkezlerini, bayileri, taşıyıcıları, tüketicileri içeren özellikle veri hatalarını azaltmayı, karar vermede verimliliği artırmayı hedefleyen bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Gunasekaran, Ngai ve Cheng, 2007:333; V. Skitsko, 2014: 309). M-lojistik ise mobil cihazların (akıllı telefonlar, tabletler vb.) kullanımı ile oluşan elektronik veri akışlarının yönetilmesi, planlanması, karar verilmesi, koordinasyonu ve kontrolü için e-lojistiğin bir alt sistemi olarak tanımlanmaktadır. M-lojistik uygulamasının bir mobil cihazda özel mobil uygulama veya web sitesi aracılığıyla çalışılabilir özellikte olması beklenmektedir(V. I. Skitsko, 2016:309). Özellikle lojistik alanında bu hizmet alanının gereksinimlerini karşılayacak, maliyet etkin mobil yazılım geliştirmek için çevik yaklaşımlardan SCRUM yönteminin kullanımı oldukça yaygındır ve kısa sürede müşteri beklentilerini karşılayan yazılımların ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Zielske ve Held, 2022:5).

M-Lojistik uygulamalarında öncelikle gereksinimleri ve öncelikli fonksiyonel özellikleri belirlemek; mobil araçların ve teknolojinin gelişimini sürekli olarak izlemek, kullanılan mobil uygulamaları mevcut müşterilerin ihtiyaçlarına göre uyarlamak gerektiği belirtilmektedir (V. I. Skitsko, 2016:309). Bu yazılım ihtiyaçlarına yönelik cevabın en kısa sürede ve kaliteli bir yazılım çıktısı ile sağlanabilmesi için bu çalışmada SCRUM yöntemi yalın prensiplerden; MVP (Minimum Viable Product, En Küçük Çalışan Ürün) yaklaşımı kullanılarak bu çalışmaya konu olan NEXT yazılımının gerçekleştirimi sağlanmıştır.

AMAÇ

Kurumun mevcut durum ve gereksinim analizi aşamalarında ortaya konan ihtiyaçlara yönelik yeni geliştirilen NEXT yazılımı ile hem mevcut kuryeler hem de dinamik olarak sisteme eklenebilen ve esnek saatlerde teslimat yapabilen girişimci kuryelerin kullanabileceği bir mobil yazılımın geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Gerçekleştirilen mobil kurye yazılımının yalnızca kurum tarafından yönetilen kullanıcı cihazlarına güvenli bir şekilde dağıtımının sağlanması da kurum için önemli bir konudur. Bu amaçla dağıtım aracı olarak Android Enterprise (Android Enterprise, 2022) aracının kullanılmasına karar verilmiştir. NEXT mobil kurye yazılımı ile kullanıcı deneyiminin iyileştirilmesi, verimlilik sağlanması, kuryelerin sahada teslimat ve tahsilat işlemleri sırasında özellikle bina içi mekânlarda yaşadığı internet bağlantı problemlerine bağlı olarak mevcut yazılımdaki veri aktarımı sırasındaki sorunları gidermek için çevrimdışı-offline çözümler ortaya konması gerekmektedir. Ayrıca, girişimci kuryelerin esnek saatlerde teslimat yapma olanağının, kuryelerin performanslarının izlenmesinin ve bildirim mesajlarının gönderiminin sağlanması, mevcut yazılımın performans sorunlarının giderilmesi de amaçlanmaktadır. Bu özelliklere sahip, hatalardan arındırılmış, kullanıcı dostu, bir yazılım

oluşturulabilmesi için SCRUM yöntemi ile hızlı ürün ortaya çıkarılmasını sağlayan MVP yaklaşımının kullanımı sayesinde lojistik alanı için örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

KAPSAM

NEXT yazılımının amaçlarına ulaşabilmesi için mimari tasarımı, yazılım için kullanılacak teknolojilerin belirlenmesi, kodlanması, kullanıcı arayüzlerinin oluşturulması aşamaları çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Yazılımın dağıtımı için güvenli bir dağıtım altyapısı sağlayan Android Enterprise ortamı kullanılmıştır. NEXT mobil uygulamasının sadece kurum içinde kullanılacak dâhili (internal) bir uygulama olması ve sadece yetkili personel tarafından erişilebilmesi için Google tarafından en iyi uygulama (best practice) olarak önerilen Android Enterprise kurallarına göre uygulama dağıtımı gerçekleştirilmiştir. Android Enterprise ile EMM (Enterprise Mobility Management, Kurumsal Mobilite Yönetimi) ürününün birlikte kullanımı sayesinde; işletmeye ait Android cihazlardaki kurumsal uygulamaların ve verilerin ayrı ayrı yönetilebilmesi, iş profil ayarlarının uzaktan gerçekleştirilmesi ve sonucunda işletmenin envanterindeki tüm mobil cihaz filosunun güvenli bir şekilde uzaktan yönetilebilmesi sağlanmıştır. EMM konsolu ile kurumlara özel (private) uygulamaların, yayınlandıklarında kuruluş içinde dağıtılması, kurum içindeki cihazlarına uzaktan yüklenmesi sağlanabilmektedir.

Mevcut sistemi kullanan kuryelerin katıldığı anket ve yarı yapılandırılmış görüşmeler sonucunda özellikle sorunların yaşandığı bağlantı problemlerinin giderilmesi için çevrimdışı (offline) teslimat özelliği eklenmesi gereksinimi ortaya çıkmıştır. Bu gereksinim için kuyruklama sunucusu kullanımı ile MQ (Mesaj Kuyruk- Message Queue) sisteminin kullanılması sağlanmıştır. Mesaj kuyruk yapıları, iki farklı iletişim noktasından mesaj iletilmesi gereken yoğun veri akışının olduğu sistemlerde, oluşabilecek tıkanmaların önüne geçmek için, verileri önce kuyrukta tutma sonraki adımda kaynağa yazma prensibiyle çalışmaktadır.

Gerçekleştirilen gereksinim analizi sürecinde belirlenen ihtiyaçlara göre NEXT sisteminde; Kurye, Girişimci Kurye, MHS (Müşteri Hizmetleri Sorumlusu), Şube Müdürü olmak üzere dört farklı kullanıcı rolü bulunmaktadır. Sistemdeki Kurye ve Girişimci Kurye rollerinde; sisteme kullanıcı adı ve şifre ile giriş (login), araç indirme, zimmet alma ve sonuçlandırma, teslimat işlemleri ve kendi hak edişlerini takip edebilecekleri performans işlemleri seçenekleri bulunmaktadır. Standart kurye kullanıcı türünden farklı olarak sisteme dinamik eklenebilen girişimci kuryeler belirlenen esnek saatlerde teslimat yapabilmektedir. Müşteri Hizmetleri Sorumlusu ve Şube Müdürü türündeki kullanıcı rollerinde teslimat işlemleri bulunmamaktadır. MHS kullanıcısı zimmet işlemlerine ek olarak hasarlı kargo ve yönlendirme kargo işlemlerini yapabilmektedirler. Şube Müdürleri ise; araç indir, akşam devir, yönlendirme ve hasarlı kargo girişi gibi işlemleri yapabilmektedirler. Bu işlemleri gerçekleştirmek için oluşturulan kullanıcı arayüzleri, yapılan gereksinim analizi çalışmalarındaki kullanıcıların mobil kullanım alışkanlıklarına, beklentilerine göre, proje ekibindeki deneyimli arayüz tasarımcısı, kullanıcı deneyimi tasarımcısı tarafından oluşturulmuştur.

YÖNTEM

Çevik yöntemlerden SCRUM yöntemi lojistik alanında en fazla tercih edilen çevik yöntemdir (Zielske ve Held, 2022:5) ve kullanımı müşteri ile şirket fonksiyonel alanları arasında iletişim gelişimini teşvik etmektedir. Çevik yöntemler lojistik alanında da kullanılarak hızlı ürün ortaya koyma, iş birimleri arasında koordinasyon sağlama, daha verimli ekip yönetimi sağlama gibi konularda etkili çözümler sağlamaktadır (Schwaber ve Sutherland, 2011a:5, 2011b:9; Zielske ve Held, 2020:1, 2022:4). SCRUM yöntemi yalın prensiplerinin (Poppendieck ve Cusumano, 2012:26) kullanımı ile lojistik alanına yönelik şeffaflık, denge, basitlik, yürütme aşamasına yönelik geliştirilmiş; hızlı ürün ortaya koyma, yeni fırsatları hızlı değerlendirebilme ve esneklik özellikleri ile önce çıkan başarılı uygulamalar literatürde yer almaktadır (Lyu, Pons, Zhang ve Ji, 2022:5). Yalın prensiplerden MVP (Minumum Viable Product) geliştiricilerin elinde kısa zamanda bir ürün olmasını sağlayan, sürekli bir şekilde inşa et, ölç, öğren yönteminin tekrarıyla, öğrenmeye açık, şirketler için oldukça etkili bir yöntemdir (Ries, 2011:8). Tekniğin isminde planlama aşaması yer almasa da öncelikle hızlı bir şekilde planlama yapılmaktadır ve önemli bir adımdır. İkinci adım olan "İnşa Et" aşamasında ana hedef en küçük çalışan ürünü üretmektir. Ölç aşamasına geçildiğinde ise müşterinin geri bildirimlerine göre ürünün durumu değerlendirilmektedir. Son aşama olan "Öğren" aşamasında, önceki aşamalarda üretilen ürünün

durumuna göre stratejik geliştirmeler yapılarak döngünün tekrarlanması sağlanmaktadır (Çubukçu ve Yücel, 2020:28).

BULGULAR

2020 yılı Şubat ayında başlayan NEXT mobil kurye yazılımı projesinin mevcut durum ve gereksinim analizi çalışmasından sonra ortaya çıkan prototipinin öncelikle dört şubede pilot kullanıma başlanması, sonrasında giderek yaygınlaştırılması sağlanmıştır. Dokuz aylık bir sürenin sonunda, toplamda 15 sprint gerçekleştirilerek projenin tamamlanması ve 2020 Aralık ayı itibariyle de projenin tüm şubelerde kurulumunun tamamlanması ve kullanılması sağlanmıştır. Proje, Java/Kotlin programlama dili ve Android Studio tümleşik geliştirme ortamı kullanılarak geliştirilmiştir.

NEXT mobil kurye yazılımı için oluşturulan proje ekibi yedi kişiden oluşmaktadır. Bu ekip içerisinde tam zamanlı çalışan; 1 analist, 2 önyüz yazılımcı, 1 arkayüz yazılımcı, 1 kullanıcı arayüz tasarımcısı, 1 kullanıcı deneyimi tasarımcısı, 1 ürün sahibi bulunmaktadır. JIRA yazılımı kullanılarak yazılım proje yönetimi, geliştirici ekibin iletişimi ve izlenmesi sağlanmıştır. JIRA, geliştiriciler arasındaki iletişim sürecini basitleştirme, projenin ölçeklenebilirliğini sağlama özelliklerine sahiptir ve ARGE projelerinde tercih edilen bir proje yönetim aracıdır (Arslan ve Yücalar, 2016:87 ; Ortu, Destefanis, Kassab ve Marchesi, 2015:1). JIRA sayesinde esnek saatlerde, uzaktan da çalışmak durumunda kalan geliştiricilerin üst düzey bilgi alışverişi yapabilmesi, hedeflerini netleştirmesi ve projeye katılma ve aktif olarak iş birliği yapma ile ilgili araçları ile motivasyonlarının sürekliliği de sağlanmaktadır.

NEXT mobil kurye yazılımının mimari tasarımında katmanlı bir yapı (Kumar, 2014:55) kullanılarak önyüz (frontend) ve arkayüz (backend) dört katman şeklinde bir mimari yapı oluşturulmuştur. Katmanlı mimari sayesinde yazılımın yeniden kullanılabilirlik, taşınabilirlik, dayanıklılık, erişilebilirlik, modülerlik gibi özelliklerinin olması sağlanmış ve kalite niteliklerini üst düzeyde modelleyen bir yazılım mimarisi kurulmuştur. Modeldeki katmanların en altında cihazlar çevrimdışı (offline) durumdayken verilerin cihaz içine kaydedilmesini sağlayan SQLite veritabanından cihazlar çevrimiçi (online) duruma geçtiğinde merkezi veritabanına veri aktarımını gerçekleştiren katman yer almaktadır. İkinci katman olan servis katmanı veritabanı ile uygulamalar arasında iletişimi sağlamaktan sorumludur. Üçüncü katman olan güvenlik katmanı uygulama katmanı ile servis katmanı arasındaki iletişim protokollerini sağlamaktadır. En üstte yer alan uygulama önyüz katmanı ise, mobil uygulama arayüz katmanı olarak kullanıcı ile iletişimi sağlamaktadır.

NEXT mobil yazılımının dağıtımında EMM aracı olarak AirWatch ürünü kullanılmıştır. AirWatch tüm uç nokta cihazlarını tek bir platformda bütünleştirerek kişisel ve kurumsal cihazlarda güvenli bir iş yeri ortamı yaratan bir UEM(Unified Endpoint Management, Birleşik Uç Nokta Yönetimi) çözümdür. Yönetici tarafından, tüm uç nokta cihazlarının bir yönetici konsolundan yönetilerek uygulamaların kullanıcı cihazlarında dağıtılabilmesi ve kontrol edilebilmesi, merkezi ve uzaktan güvenli bir şekilde yürütülebilmektedir. NEXT kurye mobil yazılımı içerisinde Foniva SMS ve SoftPOS ödeme sistemlerine ait servisler de yer almakta olup, bu servisler sayesinde uygulama genelinde yürütülen işlemlerle ilgili kullanıcılara iletilmesi gereken SMS mesajların gönderimleri ve ödeme işlemlerinin gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

NEXT Üretici & Tüketici Sistem Mimarisi

MQ teknolojisi kullanımı ile kuryelerin dağıtım sırasında özellikle iç mekânlarda, bina içlerinde internet bağlantısı problemi nedeniyle yaşadıkları, teslimat işlemlerine ait verilerin iletilememesi sorunun çözülmesi ve bu verilerin sorunsuz sisteme aktarılabilmesi sağlanmaktadır. Kurye teslimat işlemleri sırasında oluşan bütün verinin, herhangi bir kayıp olmadan, öncelikle kuyruklama sunucusuna aktarılması ve bu verilerin tüketici (consumer) yapılar tarafından karşılanması ile verilerin Oracle veritabanına aktarılması işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde kuryenin faaliyetlerinde herhangi bir kesinti olmadan çevrimdışı, bağlantı bağımsız bir şekilde faaliyetlerin sürdürülmesi sağlanmaktadır. Kuryenin teslimat, tahsilat gibi verilerinde bir değişiklik olduğunda ayrı bir liste oluşturulması yani verinin bir alt kümesinin oluşturulması sağlanmaktadır. Bu verinin de kuyruklama sunucusuna aktarılması, ardından bunu karşılayan tüketici sistemi ile verinin teslimat/tahsilat verisinin ilgili şube veritabanlarına aktarılması sağlanmaktadır. Mesaj üretici ile tüketici taraf arasındaki iletişimin sağlanması için MQ sunucusu olarak Erlang dili ile açık kaynak kodlu bir yazılım olan RabbitMQ kullanılmıştır. İstemci için ödeme gibi işlemlerde alınan aksiyonlara göre çeşitli bekleme süreleri de

eklenerek verinin havuza alınmasına karar verilen durumlar da operasyonel işleyişe göre belirlenmiştir. Örneğin kurye kapıda tahsilat yapacağı sırada ödeme sistemleri arasında oluşan beklenen veri aktarım süreleri belirlenerek, bir veri kaybı olmadan sunucuya ulaşması, sürelerin parametre haline getirilerek sistemde tanımlanması ile sağlanmıştır.

NEXT OneSignal ile Anında Bildirim (Push Notification) İşleyişi

NEXT mobil kurye yazılımında sahadaki kuryenin alacağı bildirimler ile izlenmesi ve motivasyonunun sağlanması için duruma uygun bildirimler alması sağlanmaktadır. Bu amaçla kullanılan OneSignal teknolojileri ile NEXT uygulamasını ilk kez kullanan bir personel sisteme bağlanırken, personel sicil numarası ile arka planda OneSignal sunucularına da kaydolmaktadır. Ayrıca bu personele ilişkin giriş bilgileri de SharedPreferences ile cihaza kaydedilir. Bu işlem sırasında kullanıcının OneSignal sunucularına kayıt olmayla ilgili ilave bir işlem yapmasına gerek yoktur, kayıt işlemi asenkron bir metotla arka planda gerçekleşmektedir. Kullanıcı, personel sicil numarasını ve şifresini eğer başarılı bir şekilde girmişse, gönderdiği bu verilerle veri tabanında bir kontrol yapılır ve bu esnada kullanıcının türü de belirlenir. Kullanıcılar için normal kurye (Saha Operasyon Personeli) veya girişimci kurye olarak iki farklı kurye rolü bulunmaktadır. Bu şekilde giriş yapan personelin görev tanımı belirlenerek, OneSignal sunucularına bu kullanıcı için ayrıca bir etiket atanır. Eğer kullanıcı Saha Operasyon Personeli ise "SOP", Girişimci Kurye ise "GK" etiketiyle OneSignal'de ilk tanımlaması gerçekleştirilir ve bildirimler bu etiketlere özel olarak belirlenebilir. Bu şekilde iki farklı kanaldan birbirinden izole edilmiş güvenli bir yapıda bildirim gönderilebilmekte ve önceden zaman tanımlaması da yapılan mesajlar da belirlenen gün ve saatte tüm çalışanlara gönderilebilmektedir.

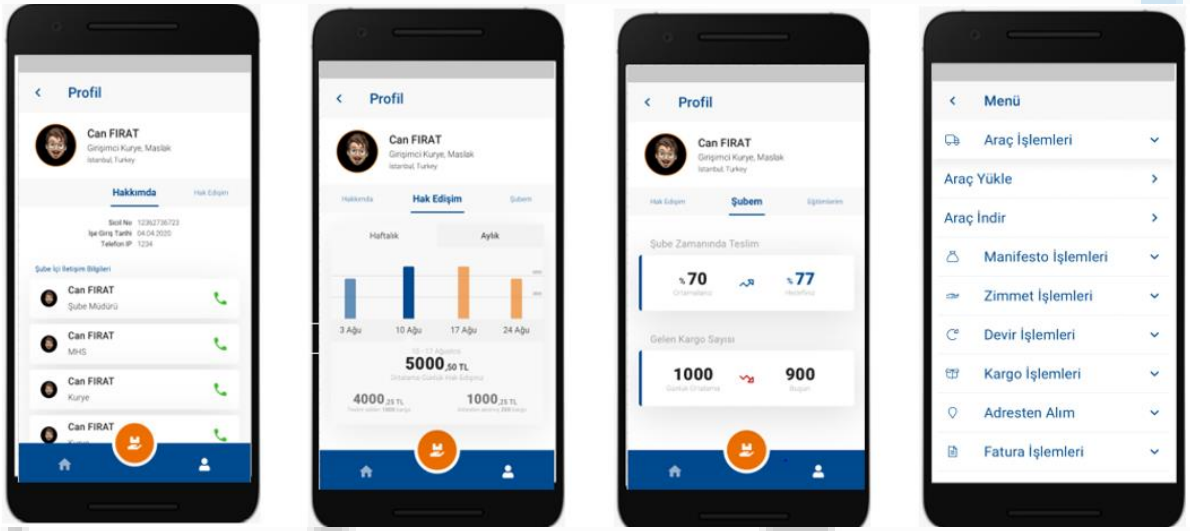
Sahada görev yapan personele günlük rutin faaliyetlerine ilişkin anında geribildirimde bulunmak için gönderilen uyarı niteliğindeki bildirimlerin de iletilmesi gerekmektedir. İş süreçlerinde kurum tarafından belirlenmiş saat aralıklarında, günün çeşitli saat dilimleri için tanımlanmış görevler bulunmaktadır. Örneğin saat 09:30'a kadar o şubede o gün dağıtımı yapılacak tüm gönderiler Aktarma Merkezi'nden araçla şubeye gelmiş olmalıdır ve bu gönderiler şubede Araç İndir işlemi ile araçtan şubeye indirilmiş olmalıdır. Benzer şekilde saat 18:00 itibarıyla çalışanın o gün zimmetindeki tüm gönderileri teslim etmiş olması beklenmektedir. Gönderilerini teslim etmiş olanlar için teşekkür ve tebrik mesajı, hâlâ teslim etmediği gönderisi olanlar için de bir uyarı mesajı anında bildirim(Push Notification) olarak gönderilir. OneSignal sunucularından hedeflenen personelin cihazına ilgili anında bildirim mesajlarının gönderimini sağlayan akış, Android Client cihazlarda yani her bir Android el terminali içerisinde çalıştırılan bir Android Service sayesinde yürütülen kontrollerle Android Client cihaz tarafında yürütülmektedir.

Kullanıcı NEXT uygulamasına ilk bağlandığında OneSignal sunucularına kayıt işlemi de gerçekleştirilmiş olur ve bu andan itibaren Android el terminali içerisinde 15 dakikada bir çalışacak bir Android Hizmeti (Service) devreye alınır. Bu Android Service her 15 dakikada bir çalıştığında önce Next API üzerinden sunucunun saatini kontrol eder. Eğer sunucunun saati 08:00-19:30 saatleri dışında ise planlı bir bildirim gönderimi olmayacaktır. Sunucu saatinin 08:00-19:30 olması durumunda ise; hangi iş akışı için anlık bildirim gönderilmesi isteniyorsa arka planda bu mesajın içeriğini oluşturacak verinin MNG Kargo veri tabanından alınmasını sağlayacak bir arka plan görevinin (Background Task) çalışması sağlanır. Örneğin teslimat durumlarına göre çalıştırılacak bildirim gönderimleri için tanımlanan saat aralığı 16:30-19:30'dur. Android el terminali içerisinde 15 dakikada bir otomatik olarak çalışan Android Service devreye girdiğinde sunuculardan saati verisi alındığında saatin 16:40 olduğu kabul edilsin, bu durumda Android hizmeti bir Android arka plan görevi çalıştırarak ve Android el terminali cihazın ekranına hiçbir bilgi yansıtmadan arka planda bu personelin dağıtıma çıkardığı gönderi sayısını, bunların kaçını teslim ettiğini ve kaçını sebep belirterek teslim edemediğini kontrol edecektir. Bu personelin 50 gönderiyi dağıtıma çıkarmış ve bunların 47 tanesini teslim etmiş, 3 tanesini de çeşitli sebeplerden dolayı teslim edememiş olması durumunda, ilgili çalışanın sicilini hedef alan bir bildirim, yine OneSignal API Create Notification metodunun tetiklenmesiyle OneSignal sunucuları tarafından gönderilir. Bu durumda kullanıcının cihazına “Bugünkü teslimat listenizi tamamladınız. Tebrikler." bildirimi iletilecektir. Eğer kullanıcı 40 tanesini teslim etmiş, 3 tanesini teslim edemediğini kaydetmiş ama 7 tane gönderi için halen işlem yapmamış ise, o zaman da aynı kontroller neticesinde bu kullanıcıya Android el terminalinin API üzerinden tetiklemesiyle OneSignal sunucuları tarafından "Hâlâ teslim etmeniz gereken 7 adet gönderi bulunmaktadır" bildirimi mesaj olarak iletilecektir.

Buradaki örnekte açıklanan benzer birçok görevin (10'dan fazla) kontrolü bu şekilde yapılmaktadır. Tüm bu işlemler Android cihazda asenkron metotlarla arka planda gerçekleştirilmekte ve kullanıcının ekranında herhangi bir bilgi yer almamaktadır. Bu işlemlerin yürütülmesi için Android el terminalinin o an için açık olması yeterli olmakta, uygulamanın açık olmasına da gerek bulunmamaktadır. Bu işleyiş sayesinde sahada görev yapan kuryelerin günlük rutin faaliyetlerinin anlık olarak takibinin gerçekleştirilmesi için destek olunması ve olumlu faaliyetleri için olumlu geribildirimleri, olumsuz faaliyetleri için de olumsuz geribildirimleri "tam zamanında" alması sağlanmaktadır.

NEXT Kullanıcı Arayüzleri

NEXT kullanıcı arayüzlerinin oluşturulması için öncelikle Figma yazılımı ile bir öntasarım yapılarak siyah/beyaz yalın bir ortamda hangi öğelerin yer alacağı, bir komut düğmesinin hangi ekrana erişilmesini sağlayacağı gibi kararlar yazılım ekibi tarafından belirlenmiştir. Bu öntasarımın kullanıcı gereksinim analizindeki ihtiyaçlara uygun olarak kullanıcı dostu mobil uygulama ekran arayüzleri UX/UI çalışmaları Sketch uygulaması kullanılarak yazılım ekibindeki kullanıcı arayüz tasarımcısı ve kullanıcı deneyimi tasarımcısı tarafından gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de örnek profil, hak ediş ve araç işlemleri menü seçeneğinin yer aldığı NEXT projesindeki kullanıcı arayüz tasarımları için A/B ve tıklama (click) test süreçlerinin de yürütülmesi ve bu testlere göre tamamlanması sağlanmıştır.



Şekil 2 NEXT Profil ve Araç İşlemleri Kullanıcı Arayüzleri

Bu geliştirmeler sırasında tasarımcılar ile yazılımcılar arasında köprü görevi üstlenerek, tasarım ekranlarının koda dönüştükten sonra da aynı şekilde gözükmesi için yardımcı bileşenler içeren Zeplin yazılımından da faydalanılmıştır. Sketch ve Figma kullanılarak hazırlanan tasarımlar, Zeplin'e aktarılarak yazılım ve tasarım ekibinin birlikte daha etkin bir biçimde çalışması sağlanmıştır.

SONUÇ

Her geçen gün rekabetin ve müşteri beklentilerinin arttığı lojistik alanına m-lojistik uygulamaları büyük destek sunmaktadır. Bu çalışma ile m-lojistik alanına ülkemiz için iyi bir uygulama örneği ortaya konmakta, gereksinim analizine uygun olarak gerçekleştirilen NEXT mobil kurye yazılımının mimari yapısı, gerçekleştirim sürecinin SCRUM yöntemiyle nasıl ele alındığı açıklanmaktadır. Bu tür iyi yazılım uygulama örnekleri lojistik alanında kaliteli ürün ve hizmet üretilmesine destek olması, müşterilerin istek ve ihtiyaçlarını karşılayarak memnuniyetlerinin sağlanması, değişen iş ortamlarına uyum sağlamaları bakımından da önemlidir. Bu bağlamda bu çalışma içeriğinin lojistik alanında kaliteli ve etkin bir m-lojistik uygulaması ile örnek bir uygulama olarak katkı sağlanması amaçlanmıştır. Ülkemiz için önemli bir stratejik alan olan lojistik alanında ulusal ve uluslararası rekabet avantajı kazanılması için de bu tür uygulamalar önemli bir araştırma alanıdır. Ayrıca, zaman içerisinde değişen işletme ve müşteri beklentilerine göre NEXT mobil yazılımı kullanıldığı sürece verilen destek ve bakım hizmetlerinin de ayrı bir çalışma olarak ele alınması gelecek çalışma olarak planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

ANDROID ENTERPRISE, https://developers.google.com/android/work, 3.07.2022.

ARSLAN, S. ve YÜCALAR, F. (2016). Bir elektronik tasarım firmasında hata takip ve proje yönetim sistemi uygulaması. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 22(2): 85-93.

ÇUBUKÇU, C. ve YÜCEL, U. O. (2020). Bölüm 2 Çevik Metodolojilere Karşı Yalın Prensipler: Hangisi Teknoloji Girişim Şirketlerinin Büyümesi İçin Kullanılmalıdır? In D. E. K. Prof. Dr. M. Erdal Balaban, Cahit Cengizhan (Ed.), Current Applications in Information Systems :25-43.

GUNASEKARAN, A., NGAI, E. W.ve CHENG, T. E. (2007). Developing an e-logistics system: a case study. International Journal of Logistics, 10(4): 333-349.

KUMAR, B. A. (2014). Layered architecture for mobile web based applications. Paper presented at the Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering.

LYU, Z., PONS, D., ZHANG, Y., ve JI, Z. (2022). Minimum Viable Model (MVM) Methodology for Integration of Agile Methods into Operational Simulation of Logistics. Logistics, 6(2), 37.

ORTU, M., DESTEFANIS, G., KASSAB, M. ve MARCHESI, M. (2015). Measuring and understanding the effectiveness of jira developers communities. Paper presented at the 2015 IEEE/ACM 6th International Workshop on Emerging Trends in Software Metrics.

POPPENDIECK, M.ve CUSUMANO, M. A. (2012). Lean software development: A tutorial. IEEE software, 29(5): 26-32.

RIES, E. (2011). The lean startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses, Penguin, London, UK.

SCHUMACHER, J., GSCHWEIDL, M. ve RIEDER M. (2010). EURIDICE–An enabler for intelligent cargo for the logistics sector. Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, 18-28.

SCHWABER, K. VE SUTHERLAND, J. (2011a). The scrum guide. Scrum Alliance, 21(19), 1.

SCHWABER, K. ve SUTHERLAND, J. (2011b). The Scrum guide. scrum. org., 05.11.2022.

SKITSKO, V. (2014). Electronic Logistics as a Component of Modern Business. Business inform, Kharkiv, Ukraine, 7(438): 309-314.

SKITSKO, V. I. (2016). E-logistics and m-logistics in information economy. LogForum, 12(1).

ZIELSKE, M. ve HELD, T. (2020). The use of agile methods in logistics start-ups: An explorative multiple case study. International Journal of Innovation and Technology Management, 17(06), 2050042.

ZIELSKE, M. ve HELD, T. (2022). Agile methods used by traditional logistics companies and logistics start-ups A systematic literature review. Journal of Systems and Software, 111328.

Presentation ID / Sunum No: 71

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: ORCID ID: 0000-0002-8500-6625

Investigation of Electro-Mechanical Factors Affecting the Vibration Performance of Piezoelectric Fan: A Numerical Analysis Study

Dr. Öğretim Üyesi Hamid Asadi Dereshgi[1], Araştırmacı Rabia Güzide Al[1]
[1]İstanbul Arel Üniversitesi

*Corresponding author: Hamid Asadi Dereshgi

Özet: *Son yıllarda mikroelektronik alanında hızlı gelişmeler yaşanmış ve bu gelişmeler modern yaşamı oldukça etkilemiştir. Bu gelişmelerin yanı sıra, mikroelektronik elemanların performansının da iyileştirilmesine ihtiyaç vardır. Mikroelektronik cihazların bozulmasında veya yanlış sinyaller üretilmesinde en önemli problem sıcaklıktır. Piezoelektrik fanlar, mikroelektronik sistemlerin ısı transferi için yenilikçi bir çözümdür. Bu fanlar, ters piezoelektrik etkiyi kullanarak elektrik enerjisini titreşime dönüştürür. Böylece kanatların titreşimi ile ısı iletim hızı artmaktadır. Bu çalışmada, piezoelektrik aktüatörlere sahip on bir kanatlı bir fanın titreşim performansını etkileyen elektro-mekanik faktörler nümerik olarak incelenmiştir. Titreşim modu ile ısı iletim hızı arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, öncelikle piezoelektrik aktüatör kalınlığı ile yer değiştirme arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir. İkinci olarak, frekans ve yer değiştirme arasındaki negatif korelasyon ve gerilim ile yer değiştirme arasında pozitif korelasyon elde edilmiştir. Son olarak da 100 µm, 100 V ve 5 Hz'de maksimum yer değiştirmenin 77,25 µm olduğu tespit edilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Piezoelektrik fanlar, piezoelektrik aktüatör, titreşimli kanatlar, sonlu elemanlar yöntemi*

Abstract: *In recent years, there have been rapid developments in the microelectronic field, and these developments have considerably encompassed modern life. Therefore, there is a need to improve the performance of microelectronic elements. It is worth mentioning that the most important mechanical problem in the deterioration of microelectronic devices or in the generation of false signals is temperature. Piezoelectric fans are an innovative solution for heat transfer of microelectronic systems. These fans convert electrical energy into vibration by using the reverse piezoelectric effect. Thus, the heat transfer rate by conduction increases with the blades vibration. In this study, the electro-mechanical factors affecting the vibration performance of an eleven blade fan with piezoelectric actuators were numerically investigated. There is a linear correlation between vibration mode and heat transfer rate. In conclusion, firstly, an inverse correlation was achieved between piezoelectric actuator thickness and displacement. Secondly, inverse correlations between frequency and displacement and linear correlations between voltage and displacement were obtained. Finally, it is worth noting that the maximum displacement was achieved as 77.25 µm at 100 µm, 100 V and 5 Hz.*

Keywords: *Piezoelectric fans, piezoelectric actuator, vibrating blades, finite element method*

INTRODUCTION

Piezoelectric is a practical ceramic material produced from Piezoelectric Zirconate Titanate (PZT) material (Asadi Dereshgi et al., 2022; Steinem and Janshoff, 2007). The piezoelectric effect is defined as a linear-electromechanical reaction between the electrical and mechanical state in insulating materials and crystals that do not have central symmetry. Piezoelectric ceramics are materials that can generate electricity due to mechanical pressure. The generation of electric potential difference in some non-conductive crystals under pressure is the same as the piezoelectric effect (Gautschi, 2006). However, the piezoelectric effect can also be reversed (Arnau, 2004). Essentially, the electric potential contracts or expands the piezoelectric crystals. Thus, electrical energy is converted into mechanical energy (Jaffe, 1958; Niezrecki et al., 2001). These properties of piezoelectric crystals have attracted the attention of industrial researchers and consumers. Accordingly, advanced and various technologies based on

piezoelectricity, one of which is piezoelectric fans, have been fabricated in recent years. The working principles of piezoelectric fans are quite different from conventional fans (Hales and Jiang, 2018). Piezoelectric fans exploit the behavior of longitudinal expansions and contractions that cause vibration to induce the fluid surrounding the fan and improve heat transfer (Kimber and Garimella, 2009). Rotary fans are effective devices used during the cooling of electrical systems. However, the performance and dimensions of the fans have a linear correlation. Accordingly, piezoelectric fans are presented in the literature as an alternative to traditional cooling devices with a simple structure and working principle, not requiring a complex controller, small size advantage, safety and low cost (Park et al., 2019). Literature survey shows that there are many studies about the piezoelectric fans. For example, Liu et al. (2020) investigated the blade vibration of the proposed piezoelectric fan with numerical and experimental methods. In this study, it has been obtained that the rectangular blade's dimensions are important in terms of fan vibration and cooling efficiency. Consequently, it was determined that the piezoelectric fan should operate under the natural frequency. Hu et al. (2020) analyzed analytically the effects of a piezoelectric fan array in a solar air heater with one side heated and the other three sides insulated. In this study, two different flow direction configurations were considered. The results showed that the piezoelectric fan as a vortex generator can effectively increase the local and average Nusselt number. Ding and Liu (2020) analyzed the horizontal cooling performance of the piezoelectric fan by numerical method. In this study, the dynamic mesh technology was used to simulate air flow and heat transfer characteristics. Consequently, it has been obtained that there is a linear correlation between vibration frequency and heat dissipation capacity. It was also found that there is an inverse correlation between fan height and heat transfer capability. Fu et al. (2021) investigated the eddy current and heat transfer enhancement properties of the piezoelectric vibrating cantilever in liquid-cooled channels. Consequently, it was obtained that the increase in the density of the liquid causes the eddy strength to decrease. Moreover, it has been obtained that the excitation voltage improves the eddy structure.

In this study, a novel piezoelectric fan type with eleven blades is proposed for the cooling of electrical component systems for biomedical applications. The effects of the electromechanical factors of the piezoelectric actuator on the vibration performance of the proposed fan were investigated. The materials and methods used in the numerical study are given in Section 2 and the results are given in Section 3.

MATERIAL AND METHODS

The components and geometrical properties of the piezoelectric fan are given in Figure 1. The proposed fan consisted of blade, piezoelectric actuator and aluminum heatsink.

Figure 1. Material and Geometric Properties of Piezoelectric Fan.

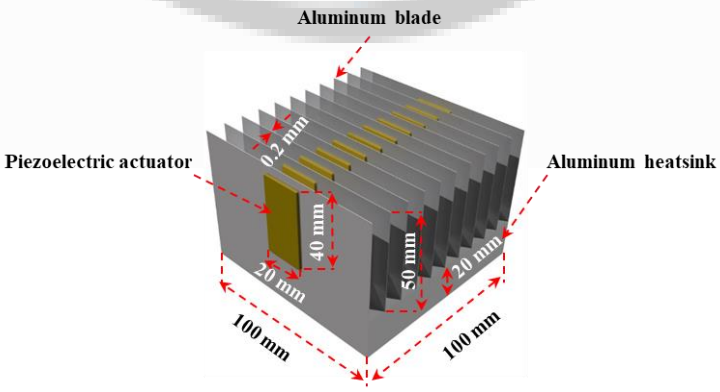


Figure 2. Mesh Types of the Piezoelectric Fan, a) Coarse, b) Normal, and c) Fine.

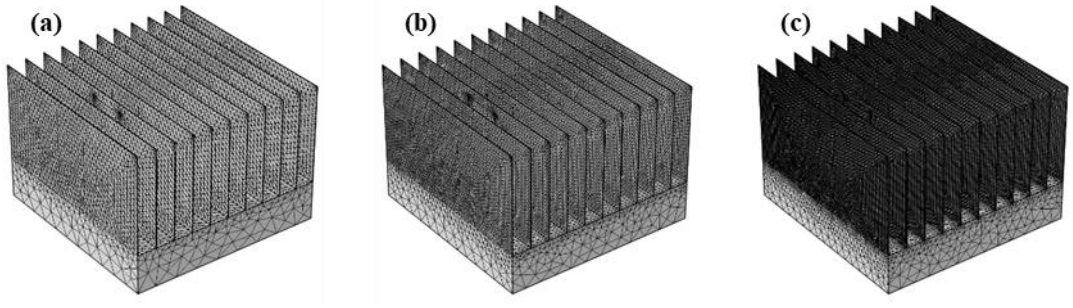
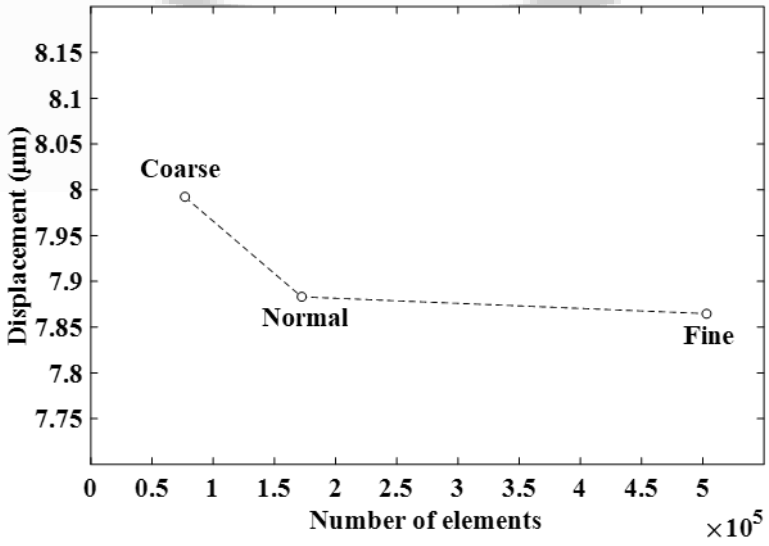


Table 1. Specifications of Finite Element Method (FEM).

Domain element statistics	Number of elements	Minimum element quality	Average element quality	Element volume ratio
Coarse	76873	0.001363	0.2148	1.363E-6
Normal	172225	0.009369	0.2757	3.411E-6
Fine	502834	0.01918	0.3289	6.263E-6

In this study, the displacement, stress and strain behaviors of the blades at the moment of vibration were investigated by the finite element method. Mesh convergence analysis was performed to determine the ideal mesh. Three different meshes were used for this analysis (see Figure 2). The properties of the meshes are given in Table 1. The analyzes performed showed an error of 1.38 % between Coarse mesh and Normal mesh, and 0.23 % between Normal mesh and Fine mesh (see Figure 3). Therefore, Normal mesh was chosen as the ideal mesh. The effects of electromechanical factors on the performance of the piezoelectric fan were performed with an accuracy of 0.001. The mechanical behavior of the blades was investigated for piezoelectric actuators with 100 μm, 150 μm, 200 μm and 250 μm thicknesses. It is worth mentioning that the driving voltage values were set to 10 V to 100 V by 10 V increments at 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz and 20 Hz. The results obtained are investigated in Section 3.

Figure 3. Mesh Convergence Analysis for the Model Displacement.



RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the mechanical behavior of the proposed piezoelectric fan was investigated. Figure 4 shows the displacement values of piezoelectric actuators at different voltages and frequencies. The result obtained shows that there is a linear correlation between voltage and displacement. In our previous study, we proved that the displacement amplitude and vibration number of piezoelectric actuators are determined by voltage and frequency, respectively (Asadi Dereshgi et al., 2020; Asadi Dereshgi et al., 2021).

Figure 4. The Maximum Displacement Results at (a) 100 µm, (b) 150 µm, (c) 200 µm, and (d) 250 µm.

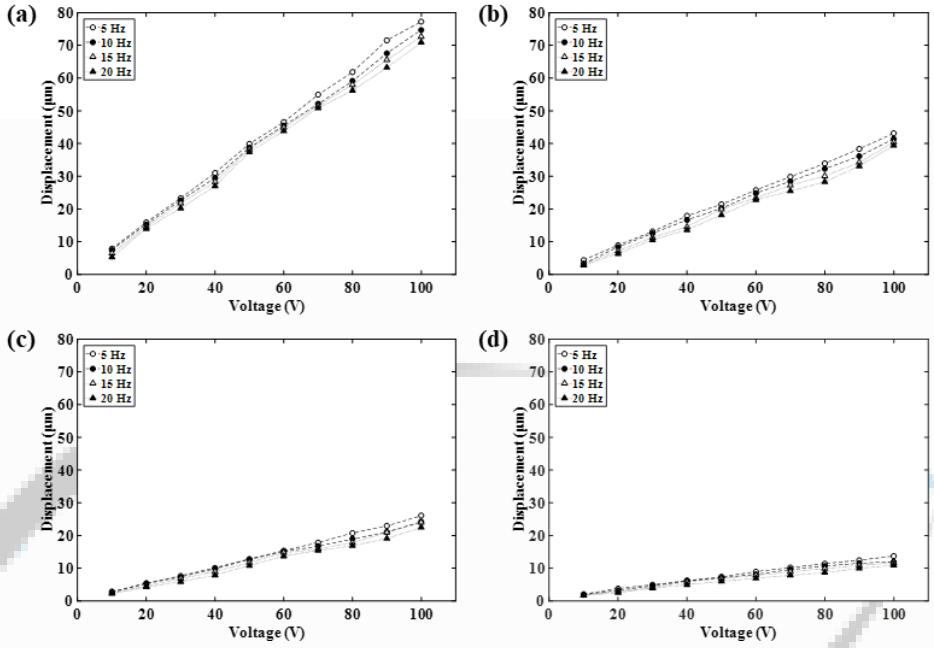
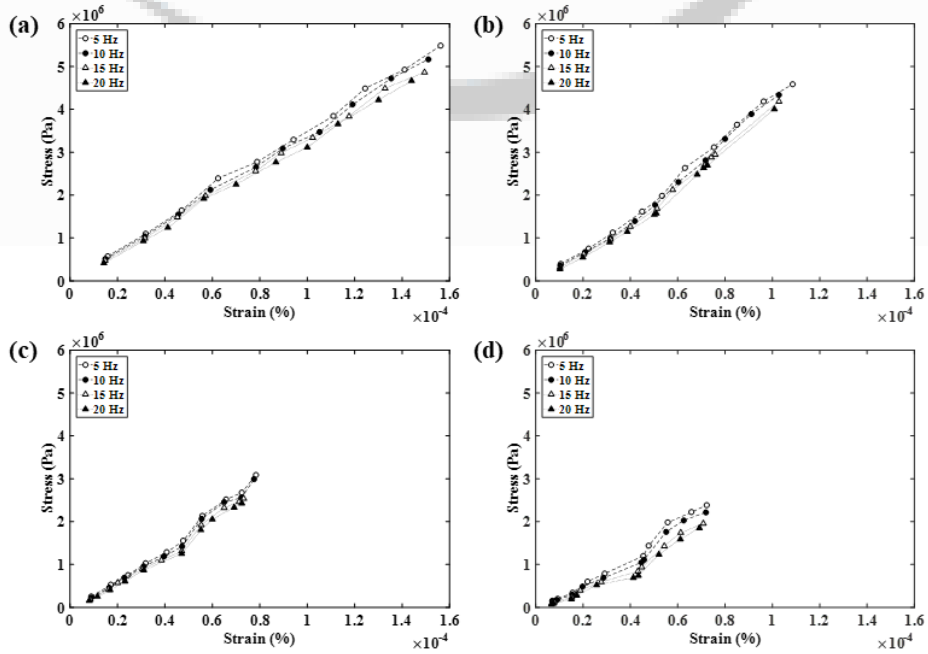


Figure 5. The Maximum Stress-Strain Results at (a) 100 µm, (b) 150 µm, (c) 200 µm, and (d) 250 µm.



In addition, Figure 5 shows the stress-strain behavior of piezoelectric actuators at different voltages and frequencies. It was found that there is a linear correlation between stress-strain and displacement. Therefore, a linear correlation of 99% was obtained in the numerical analysis results. The application of AC voltage to piezoelectric actuators causes them to undergo horizontal displacement. In the proposed design, the piezoelectric actuators were clamped in parallel on the blades. In addition, since the side walls of the piezoelectric actuators are fixed, the deformation in the horizontal axis is transferred to the vertical axis. Maximum deformation and stress-strain were obtained at the centerline of the piezoelectric actuator. Hence, similar mechanical behaviors were obtained in the blades as they were parallel to the piezoelectric actuators.

CONCLUSION

Piezoelectric materials have the ability to convert mechanical energy into electrical energy (direct piezoelectric effect) and electrical energy into mechanical energy (inverse piezoelectric effect) (Rupitsch, 2019). The piezoelectric effect can be seen in many types of materials, including single crystals, ceramics, polymers, and composite materials (Dineva et al., 2014; Uchino, 2017). Piezoelectric materials are widely used in various sciences. One of the applications that exploit the inverse effect of piezoelectricity is piezoelectric fans. These fans can be used in electronic devices due to their small size. Furthermore, it is an innovative design and convenient solution for heat transfer in portable electronic devices. These fans perform the heat transfer by conduction and convection method. Moreover, it is worth mentioning that the most important factor affecting their heat transfer rate is vibration (Sheu, 2008). Vibration is an adopted technique that can increase the heat transfer rate several times (Mohammed et al., 2021).

In this study, a novel eleven blade piezoelectric fan was proposed. There is a linear correlation between vibration and heat transfer rate in piezoelectric fans. Therefore, the electromechanical factors affecting the performance of the simulated fan were investigated. Analyzes were performed at 5 Hz, 10 Hz, 15 Hz and 20 Hz with 10 V increments from 10 V to 100 V. In addition, the vibration performance of the piezoelectric actuator was investigated at constant electrical conditions at 100 µm, 150 µm, 200 µm and 250 µm. It is worth noting that the frequency specifies the number of vibrations and the voltage determines the amplitude of the blade deflection. In addition, analyzes were performed to examine the effects of the thickness of the piezoelectric actuator on the vibration. Hence, the increase in the thickness of the piezoelectric actuator caused a decrease in the vibration amplitude. Finally, maximum displacement, stress and strain values were obtained at the center point of the piezoelectric actuator at 100 µm, 100 V and 5 Hz. Furthermore, minimum performance was achieved at 250 µm, 10 V and 20 Hz. Consequently, linear and nonlinear correlations were obtained between the performance of the piezoelectric fan and electrical and mechanical factors, respectively.

In the future studies, firstly, piezoelectric actuator, electronic driver and elements, aluminum heatsink, aluminum blades materials will be supplied. Secondly, a piezoelectric fan with the material and geometric parameters specified in this study will be mounted. Finally, the piezoelectric actuator displacement will be measured experimentally with a Fotonic Sensor (MTI-2100, MTI Instruments, Albany, NY, USA). Additionally, thermal and heat flux rate will be examined at different electromechanical factors. After optimizing and miniaturization, it can be applied in the cooling of microelectromechanical systems.

ACKNOWLEDGMENT

The author would like to acknowledge the technical support provided by Artificial Intelligence Studies, Application and Research Center (ArelMED-I) of Istanbul Arel University related to the numerical analysis.

REFERENCES

1. Arnau, A. (Ed.). (2004). Piezoelectric transducers and applications (Vol. 2004). Berlin: Springer.

2. Asadi Dereshgi, H., Dal, H., & AL, R. G. (2022). Piezoelectric Fans: A Narrative Review. Journal of Smart Systems Research, 3(1), 22-29.

3. Asadi Dereshgi, H., Dal, H., & Sayan, M. E. (2020). Analytical analysis of a circular unimorph piezoelectric actuator in the range of low voltages and pressures. Microsystem Technologies, 26(8), 2453-2464.

4. Asadi Dereshgi, H., Yildiz, M. Z., & Dal, H. (2021). Displacement analysis of a piezoelectric based multi-layered micropump diaphragm. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Mechanical Engineering, 45(1), 77-90.

5. Dineva, P., Gross, D., Müller, R., & Rangelov, T. (2014). Piezoelectric materials. In Dynamic fracture of piezoelectric materials (pp. 7-32). Springer, Cham.

6. Ding, P., & Liu, Z. (2020, November). Study on the Convective Heat Transfer Characteristic of a Horizontal Piezoelectric Fan. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1670, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.

7. Fu, J., Chen, Y., Yu, Z., & Zhang, X. (2021). Enhanced heat transfer research in liquid-cooled channel based on piezoelectric vibrating cantilever. Thermal Science, 25(2 Part A), 823-832.

8. Gautschi, G. (2006). Piezoelectric Sensorics: Force Strain Pressure Acceleration and Acoustic Emission Sensors Materials and Amplifiers. Springer Science & Business Media.

9. Hales, A., & Jiang, X. (2018). A review of piezoelectric fans for low energy cooling of power electronics. Applied Energy, 215, 321-337.

10. Hu, J., Jing, C., & Zhao, Y. (2020). Heat transfer enhancement research of dynamical vortex generator in a solar air heater by using the piezoelectric fan array. Heat and Mass Transfer, 56(3), 825-847.

11. Jaffe, H. (1958). Piezoelectric ceramics. Journal of the American Ceramic Society, 41(11), 494-498.

12. Kimber, M., & Garimella, S. V. (2009). Measurement and prediction of the cooling characteristics of a generalized vibrating piezoelectric fan. International Journal of Heat and Mass Transfer, 52(19-20), 4470-4478.

13. Liu, T. J. C., Chen, Y. S., Ho, H. Y., & Liu, J. T. (2020). Vibration and cooling performances of piezoelectric cooling fan: Numerical and experimental investigations. In MATEC Web of Conferences (Vol. 306, p. 04002). EDP Sciences.

14. Mohammed, A. M., Kapan, S., Sen, M., & Celik, N. (2021). Effect of vibration on heat transfer and pressure drop in a heat exchanger with turbulator. Case Studies in Thermal Engineering, 28, 101680.

15. Niezrecki, C., Brei, D., Balakrishnan, S. N., & Moskalik, A. (2001). Piezoelectric actuation: state of the art.

16. Park, S. H., Oh, M. H., Kim, Y. H., & Choi, M. (2019). Effects of freestream on piezoelectric fan performance. Journal of Fluids and Structures, 87, 302-318.

17. Rupitsch, S. J. (2019). Physical Basics. In Piezoelectric Sensors and Actuators (pp. 7-41). Springer, Berlin, Heidelberg.

18. Sheu, W. J., Huang, R. T., & Wang, C. C. (2008). Influence of bonding glues on the vibration of piezoelectric fans. Sensors and Actuators A: Physical, 148(1), 115-121.

19. Steinem, C., & Janshoff, A. (Eds.). (2007). Piezoelectric sensors (Vol. 5). Springer Science & Business Media.

20. Uchino, K. (Ed.). (2017). Advanced piezoelectric materials: Science and technology. Woodhead Publishing.

Presentation ID / Sunum No: 78

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-4288-8194

Parçacık Sürüsü Optimizasyon Algoritmasına Mutasyon Yaklaşımı Ekleyerek Gezgin Satıcı Problemini Çözmek

Araştırmacı Tohid Yousefi[1], Dr. Öğretim Üyesi Özlem Aktaş[1]
[1]Dokuz Eylül Üniversitesi

*Corresponding author: Tohid Yousefi

Özet: *Gezgin satıcı problemi (TSP), satıcının bir şehirden başladığı ve mümkün olan en kısa yoldan diğer tüm şehirlere seyahat etmesi gereken bir optimizasyon problemidir. TSP, bu alanda geliştirilen yeni algoritmaların performansını test etmek için kullanılan optimizasyon dünyasında çok ünlü bir problemdir. Bu makalede, parçacık sürüsü optimizasyonunun (PSO) meta-sezgisel algoritmasındaki mutasyon yaklaşımını kullanarak gezgin satıcı problemini araştırıyoruz. İlk olarak gezgin satıcı problemini (20 şehir için) parçacık sürüsü optimizasyon algoritması kullanarak ve mutasyon operatörü kullanmadan çalıştırıyoruz ve bunun sonucunda 455.5284 maliyet değerini elde ediyoruz. Daha sonra, takas, geri döndürme ve ekleme olmak üzere üç farklı yönteme mutasyon yaklaşımıyla parçacık sürüsü optimizasyon algoritmasını kullanıyoruz ve bunun sonucunda elde edilen maliyet değeri sırasıyla 379.6574, 342.155 ve 366.8056. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde gezgin satıcı probleminin çözümünde geri döndürme mutasyon yaklaşımı ile parçacık sürü optimizasyon yönteminin diğer yöntemlere göre en iyi sonuçları verdiği görülmüştür.*

Anahtar Kelimeler: *Gezgin Satıcı Problemi, Parçacık Sürüsü Optimizasyonu, Genetik Algoritma, Optimizasyon*

Solving the Traveling Salesman Problem by Adding a Mutation Approach to a Particle Swarm Optimization Algorithm

Abstract: *The traveling salesman problem (TSP) is an optimization problem in which the salesman starts from one city and must travel to all other cities in the shortest possible path. TSP is a very famous problem in the world of optimization, which is used to test the performance of new algorithms developed in this field. In this article, we investigate the traveling salesman problem using the mutation approach in the meta-heuristic algorithm of particle swarm optimization (PSO). First, we run the traveling salesman problem (for 20 cities) using the particle swarm optimization algorithm and without using the mutation operator, as a result of which we get the cost value of 455.5284. Then we use the particle swarm optimization algorithm with the mutation approach to three different methods of swap, reversion, and insertion, as a result of which the cost value obtained is 379.6574, 342.155, and 366.8056, respectively. By examining the obtained results, the particle swarm optimization method with the reversion mutation approach for solving the traveling salesman problem has the best results compared to other methods.*

Keywords: *Traveling Salesman Problem, Particle Swarm Optimization, Genetic Algorithm, Optimization*

INTRODUCTION

The traveling salesman problem is one of the well-known combined discrete problems in the field of optimization, in which the salesman starts from a city and must pass through all the cities with the shortest distance and complete a tour (Laporte, 1992).

Although the Traveling Salesman's Handbook from 1832 discusses the traveling salesman problem, the source of the traveling salesman problem is still not fully understood. TSP was formulated by Irish mathematician William Rowan Hamilton and British mathematician Thomas Kirkman in the 19th

century, but the generalized TSP model was first developed by Karl Menger in 1930 and became one of the most important issues studied in the field of computational mathematics (Kóczy et al., 2018).

Although in the literature, there are several exact methods such as cutting plane (Laporte & Nobert, 1980), branch and bound (Padberg & Rinaldi, 1987), dual Lagrange (Laporte, 1992), etc. to solve the TSP, but in some cases due to the complexity of the computational time problem to solve the TSP with the use of traditional methods is very high. For this reason, researchers have used heuristic and meta-heuristic methods to better solve TSP (Panwar & Deep, 2021a).

Meta-heuristic algorithms have been presented for several years and perform better than traditional methods in finding optimal answers in optimization problems. These algorithms play their role well, especially in problems that have more computing space and a larger search space. TSP is one of these problems that has a larger search and calculation space and is classified among the NP-Hard combinatorial optimization problems (Mavrovouniotis et al., 2016; Panwar & Deep, 2021a).

In this paper, we also used meta-heuristic methods to solve TSP optimally. The method used in this article is that we first solve the TSP particle swarm optimization algorithm. Then, using the proposed method, which is based on the genetic mutation in the genetic algorithm and has three parts, swap, reversion, and insertion, we proceed to solve the TSP.

MATERIAL AND METHODS

In this section, information is provided on the traveling salesman problem, optimization, meta-heuristic algorithms, and particle swarm optimization algorithm.

2.1. Traveling Salesman Problem

The traveling salesman problem (TSP) is a combinatorial optimization problem and although TSP is easy to express, it is very difficult to solve and is known as an NP-hard problem in the field of optimization. The objective of the TSP problem is actually to minimize the distance between different cities between which the seller travels. In this problem, the seller starts from one city and passes through all the cities, and returns to the starting city. As a result, it is very difficult to solve the TSP problem due to the existence of different solutions.

The TSP problem can be expressed mathematically as follows (Dantzig et al., 1954),

$$minimize \sum_{i}^{n}\sum_{j}^{n} x_{ij}d_{ij}$$

$$subject\ to:$$

$$\sum_{i}^{n} x_{ij} = 1 \ and \sum_{j}^{n} x_{ij} = 1 \qquad (1)$$

$$where\ x_{ij} \begin{cases} 1; travels\ form\ city\ i\ to\ city\ j \\ 0;\ otherwise \end{cases}$$

Optimization

Optimization is ubiquitous in today's world and therefore plays an important role in a wide variety of applications. In almost all applications in engineering and industry, something is always sought to be optimized to minimize cost and energy consumption or maximize profit, output, performance and efficiency. Optimization is to achieve the best possible results with the given conditions. The goal of optimization is to minimize cost or maximize utility. Cost or utility can be expressed as a function of specific variables. Therefore, the conditions that give the maximum or minimum value of a function are called optimizations (Hussain et al., 2019).

Meta-Heuristic Algorithms

Throughout history, especially early in human history, the basic approach to problem-solving has always been intuitive or meta-heuristic. Many important discoveries were discovered by accident in general, which means intuitively. In fact, our daily learning experience, at least as children, is predominantly intuitive (Yang, 2010). The popularity and success of meta-heuristic algorithms can be related to many reasons, one of which is to be inspired by natural events (biological systems, physical and chemical processes, etc.) (Koziel & Yang, 2011).

Particle Swarm Optimization

Particle swarm optimization is an evolutionary computational method proposed by Kennedy and Eberhart in 1995 (Kennedy & Eberhart, 1995). Since particle swarm optimization emerged, many variations have been developed to solve practical problems related to optimization (Li et al., 2011). The particle swarm optimization algorithm simulates the social behavior of many animals (including insects, birds, and fish). This group of animals in a common way are looking for a way to find food and survive. Each member of this group continues to change their search pattern according to their learning experiences from others and their environment (Wang et al., 2018).

to find the optimum solution in particle swarm optimization, the ith particle is in a D-dimensional search space and there is a vector x^i indicating the position of this particle. The velocity of the ith particle is represented as v^i. The previous best position of any particle is recorded as $x^{i,best}$, which is called the personal best position, and the best solution visited by the entire swarm so far is called x^{gbest}. The swarm is started with a population of random solution. According to $x^{i,best}$and x^{gbest}, the algorithm searches for the best solution by updating the positions and velocities of the particles using the following formulas (Tran et al., 2014):

$$v^i[t+1] = wv^i[t] + c_1 r_1\left(x^{i,best}[t] - x^i[t]\right) + c_2 r_2\left(x^{gbest}[t] - x^i[t]\right)$$
$$x^i[t+1] = x^i[t] + v^i[t+1] \quad (2)$$

where t means that the algorithm continues at the tth iteration. c_1 is the learning personal rate and c_2 is the learning global rate. r_1 and r_2 are random values evenly distributed between 0 and 1. w is the inertia weight first presented by Shi and Eberhart (Shi & Eberhart, 1998). w can balance global search and local search to improve the performance of particle swarm optimization (Tran et al., 2014).

PROPOSED METHOD

The PSO algorithm is one of the most powerful meta-heuristic algorithms in the field of optimization, which has been used to solve many problems in this field. In this article, we also used the PSO algorithm to solve the TSP. But in order to be able to reach the optimal solutions for solving TSP, we have made a change in the implementation of PSO. In this change, we use part of the genetic algorithm (Holland, 1992) to solve the problem. That is, instead of using a hybrid algorithm, we only used a part of the genetic algorithm (mutation part) which is useful for us and can add to the power of the PSO algorithm.

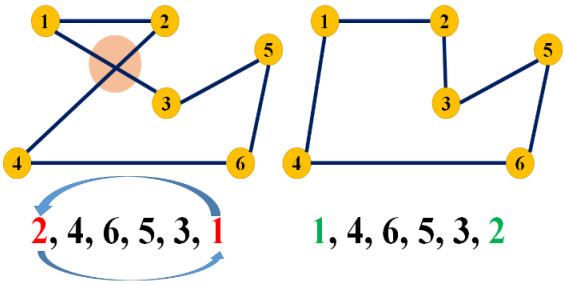
In this article, we will use the mutation section of the genetic algorithm and add it to the PSO algorithm to solve the TSP. In the proposed method, in order for us to reach an optimal path in the TSP, we will use the three methods of Swap, Reversion, and Insertion in the mutation part to solve the TSP. All three mentioned methods are responsible for updating the position of the particles.

Swap

The swap method is such that the position of two particles is exchanged with each other to find an optimal solution for the given problem. After the desired solution is find, the TSP rules are checked, if the solution does not conflict with the TSP rules and is also a better solution than the previous one, the

new path replaces the previous one. You can see an example of the swap method with six cities in Figure 1.

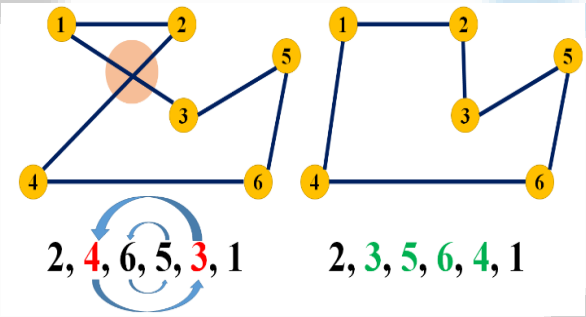
Figure 1. Example of Swap Method For TSP



Reversion

The reversion method is that in addition to the position of two particles being exchanged with each other, the position of the particles between them is also exchanged with each other. This method allows us to obtain an optimal solution for solving TSP. After finding the desired solution, the TSP rules are checked again, if the solution does not conflict with the TSP rules and is also a better solution than the previous one, the new path replaces the previous one. You can see an example of the reversion method with six cities in Figure 2.

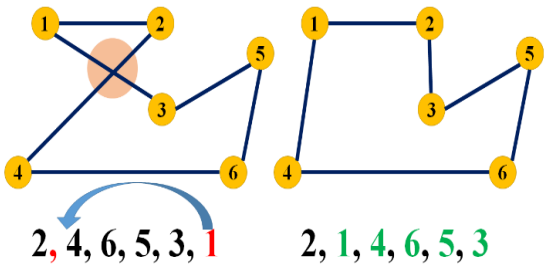
Figure 2. Example of Reversion Method For TSP



Insertion

The insertion method is that two particles are selected first. Then we insert one of those particles after another particle. In the end, the remaining particles after the insertion operation are shifted to the left side. This method gives us an optimal solution to solve the TSP. After finding the desired solution, the TSP rules are checked again, if the solution does not conflict with the TSP rules and is also a better solution than the previous one. The new path replaces the previous path. You can see an example of the return method with six cities in Figure 3.

Figure 3. Example of Insertion Method for TSP



EXPERIMENTAL RESULTS

In this article, we used MATLAB software to solve the traveling salesman(for 20 cities) problem. First, we run the PSO algorithm without adding any mutation with the specified hyperparameters that you can see in Table 1.

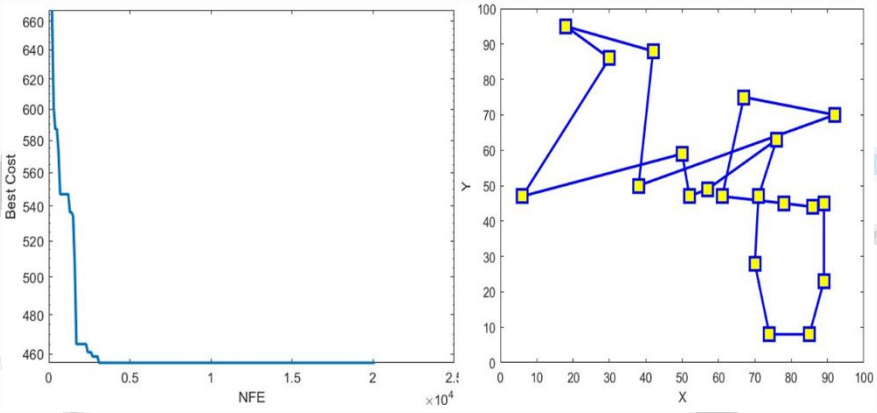
Table 1. The Values of Hyperparameters of the PSO Algorithm

MaxIt	nPOP	w	c1	c2
200	100	1	0.2	0.4

As you can see in Table 1, the maximum iteration is 200, the number of population is 100, the weight of inertia is 1, c1=0.2 is the learning personal rate, and c2=0.4 is the learning global rate.

After running the PSO algorithm with the values in table 1 for 20 cities, the cost value is 455.5284. You can see the number of function evaluation analyses on 20 cities and the best route find by the PSO Algorithm in Figure 4.

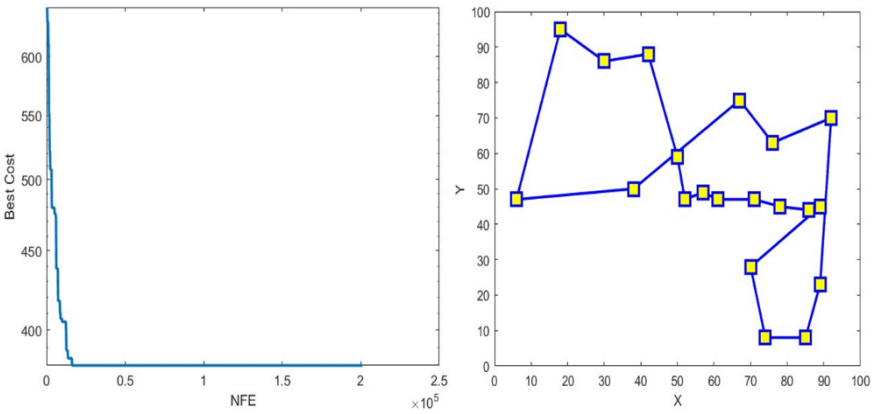
Figure 4. Number of Function Evaluation (NFE) Analyses on 20 Cities and the Best Route Find by the PSO Algorithm



As you can see in Figure 4, the PSO algorithm alone could not find a suitable route to solve the TSP problem. For this reason, we will use our proposed method described above in this article.

At first, we run the PSO algorithm with the mutation approach to the swap method using the hyperparameters in Table 1 for 20 cities. After running the algorithm, the cost value is 379.6574. You can see the number of function evaluation analyses on 20 cities and the best route find by the PSO-Swap Algorithm in Figure 5.

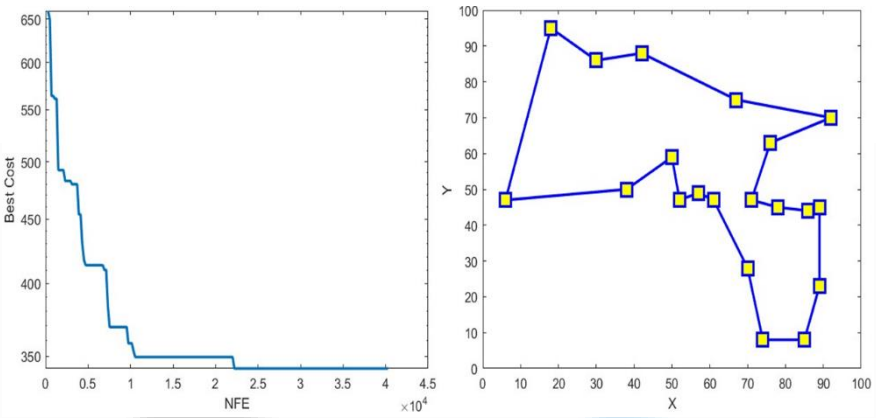
Figure 5. Number of Function Evaluation (NFE) Analyses on 20 Cities and the Best Route Find by the PSO-Swap Algorithm



As you can see in Figure 5, the PSO algorithm be able to find a suitable route with the mutation approach to the swap method compared to the PSO algorithm.

In the next step, we run the PSO algorithm with the mutation approach to the reversion method using the hyperparameters in Table 1 for 20 cities. After running the algorithm, the cost value is 342.155. You can see the number of function evaluation analyses in 20 cities and the best route find by the PSO-Reversion algorithm in Figure 6.

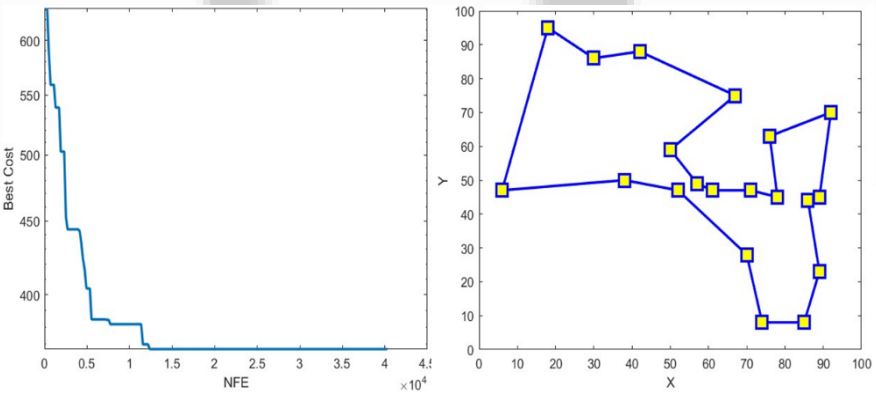
Figure 6. Number of Function Evaluation (NFE) Analyses on 20 Cities and the Best Route Find by the PSO-Reversion Algorithm



As you can see in Figure 6, the PSO algorithm be able to find a suitable route with the mutation approach to the reversion method compared to the PSO algorithm and PSO-Swap algorithm.

In the last step, we run the PSO algorithm with the mutation approach to the insertion method using the hyperparameters in Table 1 for 20 cities. After running the algorithm, the cost value is 366.8056. You can see the number of function evaluation analyses in 20 cities and the best route by PSO-Insertion algorithm in Figure 7.

Figure 7. Number of Function Evaluation (NFE) Analyses on 20 Cities and the Best Route Find by the PSO-Insertion Algorithm



As you can see in Figure 7, the PSO algorithm be able to find a suitable route with the mutation approach to the insertion method compared to the PSO algorithm and PSO-Swap algorithm.

CONCLUSION

As discussed in this article, the problem of the traveling salesman is one of the most complex problems in the optimization field. There are various classical and meta-heuristic algorithms to solve the TSP

problem. But in this article, we proposed a new method to solve the traveling salesman problem, which provides a better optimal solution than the previous methods.

The proposed method in this article is to use the mutation approach in the particle swarm optimization algorithm. First, to check the results, we run the PSO algorithm to find a suitable route between 20 different cities, which results in a cost of 455.5284. Then, using the proposed method, we add the mutation approach to the PSO algorithm and run the algorithm in three modes of swap, reversion, and insertion for 20 different cities. The cost values are 379.6574, 342.155, and 366.8056 is obtained. By examining these results, it is clear that adding the mutation approach to the particle swarm optimization algorithm can significantly improve the results.

As it is clear from the obtained results, the PSO algorithm with the reversion-based mutation approach has a lower cost compared to other methods, which shows the efficiency of the proposed method in this article.

REFERENCES

Ardalan, Z., Karimi, S., Poursabzi, O., & Naderi, B. (2015). A novel imperialist competitive algorithm for generalized traveling salesman problems. *Applied Soft Computing*, *26*, 546-555.

Burke, E. K., Burke, E. K., Kendall, G., & Kendall, G. (2014). *Search methodologies: introductory tutorials in optimization and decision support techniques*. Springer.

Dantzig, G., Fulkerson, R., & Johnson, S. (1954). Solution of a large-scale traveling-salesman problem. *Journal of the operations research society of America*, *2*(4), 393-410.

Dong, X., & Cai, Y. (2019). A novel genetic algorithm for large scale colored balanced traveling salesman problem. *Future Generation Computer Systems*, *95*, 727-742.

Holland, J. H. (1992). Genetic algorithms. *Scientific american*, *267*(1), 66-73.

Hussain, K., Mohd Salleh, M. N., Cheng, S., & Shi, Y. (2019). Metaheuristic research: a comprehensive survey. *Artificial intelligence review*, *52*(4), 2191-2233.

Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization. Proceedings of ICNN'95-international conference on neural networks,

Kóczy, L. T., Földesi, P., & Tüű-Szabó, B. (2018). Enhanced discrete bacterial memetic evolutionary algorithm-An efficacious metaheuristic for the traveling salesman optimization. *Information Sciences*, *460*, 389-400.

Koziel, S., & Yang, X.-S. (2011). *Computational optimization, methods and algorithms* (Vol. 356). Springer.

Krishna, M. M., Panda, N., & Majhi, S. K. (2021). Solving traveling salesman problem using hybridization of rider optimization and spotted hyena optimization algorithm. *Expert Systems with Applications*, *183*, 115353.

Laporte, G. (1992). The traveling salesman problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, *59*(2), 231-247.

Laporte, G., & Nobert, Y. (1980). A cutting planes algorithm for the m-salesmen problem. *Journal of the Operational Research society*, *31*(11), 1017-1023.

Li, C., Yang, S., & Nguyen, T. T. (2011). A self-learning particle swarm optimizer for global optimization problems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, *42*(3), 627-646.

Mahi, M., Baykan, Ö. K., & Kodaz, H. (2015). A new hybrid method based on particle swarm optimization, ant colony optimization and 3-opt algorithms for traveling salesman problem. *Applied Soft Computing*, *30*, 484-490.

Mavrovouniotis, M., Müller, F. M., & Yang, S. (2016). Ant colony optimization with local search for dynamic traveling salesman problems. *IEEE transactions on cybernetics*, *47*(7), 1743-1756.

Padberg, M., & Rinaldi, G. (1987). Optimization of a 532-city symmetric traveling salesman problem by branch and cut. *Operations research letters*, *6*(1), 1-7.

Panwar, K., & Deep, K. (2021a). Discrete Grey Wolf Optimizer for symmetric travelling salesman problem. *Applied Soft Computing*, *105*, 107298.

Panwar, K., & Deep, K. (2021b). Transformation operators based grey wolf optimizer for travelling salesman problem. *Journal of Computational Science*, *55*, 101454.

Shi, Y., & Eberhart, R. (1998). A modified particle swarm optimizer. 1998 IEEE international conference on evolutionary computation proceedings. IEEE world congress on computational intelligence (Cat. No. 98TH8360),

Sörensen, K., Sevaux, M., & Glover, F. (2018). A history of metaheuristics. In *Handbook of heuristics* (pp. 791-808). Springer.

Tran, B., Xue, B., & Zhang, M. (2014). Overview of particle swarm optimisation for feature selection in classification. Asia-Pacific conference on simulated evolution and learning,

Wang, D., Tan, D., & Liu, L. (2018). Particle swarm optimization algorithm: an overview. *Soft computing*, *22*(2), 387-408.

Yang, X.-S. (2010). *Nature-inspired metaheuristic algorithms*. Luniver press.

Presentation ID / Sunum No: 87

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-6334-5880

Üniversite Öğrencilerinin Antropometrik Ölçüleri İle Sınıf Mobilyalarının Ergonomik Uyumsuzluğu: Bir Vaka Çalışması

Dr. Öğretim Üyesi Benhür Satır
Çankaya Üniversitesi

Özet: *Öğrencilerin akademik performansı göz önünde bulundurulduğunda en önemli faktörlerden biri sınıf mobilyalarının öğrencilerin vücut ölçülerine uygunluğudur. Sınıf mobilyaları ile öğrencilerin antropometrik ölçümleri arasındaki ergonomik uyumsuzluk mümkün olduğunca düşük olmalıdır. Çankaya Üniversitesi'nin farklı sınıf ve bölümlerinden uygun örneklem kullanılarak seçilen 237 üniversite öğrencisinin antropometrik ölçümleri kullanılarak, halihazırda kullanılan sınıf mobilyalarının öğrencilere ergonomik uyumsuzluğu araştırılmıştır. Çankaya Üniversitesi'nde iki çeşit sınıf mobilyası kullanılmaktadır: standart tip (STD) ve amfi tipi (AUD). Uyumsuzluk oranlarını hesaplamak için beş ilişki kullandık. Ortalama uyumsuzluk oranı %67 olup, %13 ile %100 arasında değişmektedir. İki ilişki, Uyluk Açıklığı ile Sıra-Masa Arası Açıklık ve Popliteal Yükseklik ile Sıra Yüksekliği karşılaştırması, hem STD hem de AUD sınıf mobilyaları için tamamen uyumsuz çıkmaktadır. Sınıf mobilyalarında uyumsuzluk oranlarını azaltmak için tasarım önerileri sunmaktayız.*

Anahtar Kelimeler: *Üniversite Öğrencileri, Ergonomik Sınıf Mobilyası, Uyumsuzluk Oranı*

Ergonomıc mismatch Between Anthropometrıc Measures of Unıversıty Students and Classroom Furnıture: A Case Study

Abstract*: Considering academic performance of students, one of the most important factors is the suitability of classroom furniture to students' body dimensions. Ergonomic mismatch between classroom furniture and students' anthropometric measures should be as low as possible. Using the anthropometric measurements of 237 university students, which are selected from different classes and departments of Çankaya University using sample of convenience, we investigate the ergonomic mismatch of currently used classroom furniture to the students. Two types of classroom furniture is used in Çankaya University, viz. standard type (STD) and auditorium type (AUD). We use five relations to calculate mismatch rates. Average mismatch rate is 67%, ranging between 13% and 100%. The two relations; Tigh Tickness vs. Seat-to-Desk Clearence and Popliteal Height vs. Seat Height, totally mismatch for both STD and AUD classroom furniture. We propose design suggestions to reduce mismatch rates for classroom furniture.*

Keywords: *University Students, Ergonomic Classroom Furniture, Mismatch Rate*

Introduction

Classroom furniture can be considered in many dimensions, such as design, esthetics, etc. It is an important factor in the motivation and performance of students. This study focuses on the ergonomic compatibility between school furniture dimensions and university students' anthropometric measurements. Incompatibility, or mismatch between furniture dimensions and anthropometric measurements in other words, can result in a student's several problems such as discomfort, loss of attention, pain, and even health issues in the long-term.

There are several studies about classroom furniture ergonomics of university students. Kahya (2019) investigate the mismatch between university students' anthropometric measures and school furniture dimensions by taking nine anthropometric measures from 225 students. Seat depth is found to be totally mismatched, and other furniture measures (seat height and desk height) also have high mismatch rates. Two classroom furniture is proposed for lower mismatch rates. Tunay and Melemez (2008) use a larger

sample of 1049 university students. They find that Turkish university students' anthropometric measures significantly differ significantly from other countries. Esmaeel et al. (2020) investigate the mismatch between anthropometric measures of tertiary institutions' students and school furniture dimensions by taking 14 anthropometric measures from 382 students and propose a furniture for lower mismatch. Fidelis et al. (2018) use a sample 261 Nigerian university students. Mismatch analysis shows that desks are too high for 90% of all the participants. Pérez-Gosende (2017) evaluate side-mounted desktop chairs used by university students in Ecuador. Nine design parameters for 15 different side-mounted desktop chairs are used to evaluate compatibility ranges. Chairs are found to be not fit in at least five design parameters. Parvez et al. (2019) use data from 13 anthropometric measurements of 550 students and 11 dimensions of two types of classroom furniture in their study. They find high mismatch rates and conclude that seat height is too high and seat depth is too deep for both furniture types. Khoshabi et al. (2020) use a sample of 111 university students. By taking ten anthropometric measures, they perform a mismatch analysis using Simple Additive Weighting as a multi-criteria method. They consider eight furniture dimensions over four chair types. They find the highest mismatch for seat width.

This study uses anthropometric measurements of 237 university students and five dimensions of two classroom furniture types. We calculate mismatch rates and propose classroom furniture dimensions to minimize mismatch probabilities assuming normally distributed anthropometric measures.

Method

Sample and Study Design

Our study reqires ethical approval since we take students' anthropometrical measurements. We obtained the approval before starting the study from Çankaya University. In total, 237 volunteer students participated in our study. Note that this sample is a sample of convenience.

Furniture Measures

In Çankaya University, two types of furniture are used, viz. Standard Furniture (STD) and Auditorium Furniture (AUD). Both furniture are shown in Figure 1. STD is used in all the classrooms in the university and is used at most of the students' class times. AUD is only used when students have classes in Auditoriums, which is quite limited compared to other classrooms.



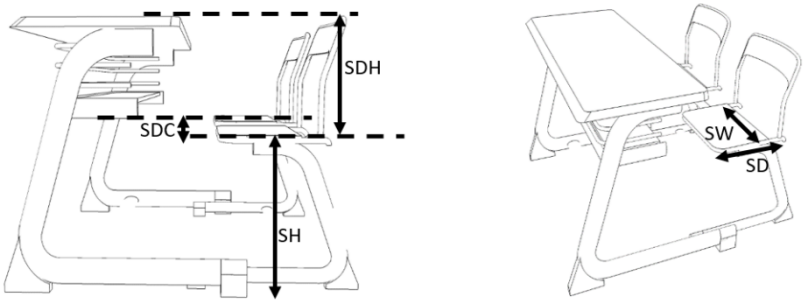
a) Standard Furniture (STD) b) Auditorium Furniture (AUD)

Figure 1. School Furniture Types

For both STD and AUD furniture, we measured five dimensions. Figure 2 shows the dimensions for STD furniture. The abbreviations are as follows:

Seat-to-Desk Clearance (SDC)
Seat Width (SW)
Seat Height (SH)

Seat Depth (SD)
Seat-to-Desk Height (SDH)



a) Side view b) Perspective view

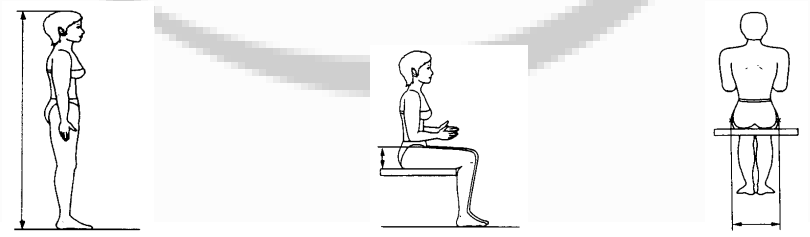
Figure 2. Dimensions of STD Furniture Type

The reader may refer to Satır and Erdoğan (2021) for the verbal definitions of the dimensions.

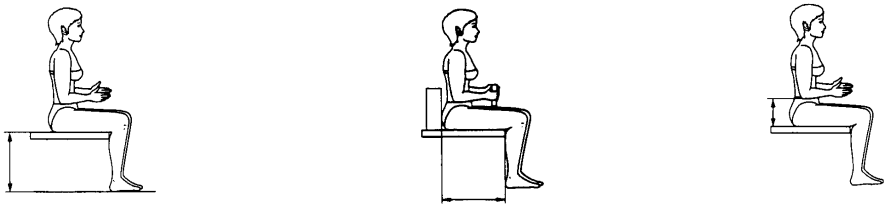
Anthropometric Measures

Bravo et al. (2018) suggest the researchers use procedures defined in the relevant standards for collecting anthropometric measurements. Our study uses ISO 7250-1 (2017) as standard to define and collect anthropometric measurements. We gathered seven different anthropometric measurements from each student, where all but weight are shown in Figure 3. The abbreviations of the anthropometric measures are as follows:

Weight (W)
Stature (S)
Thigh Clearance (TC)
Hip Breadth, sitting (HB)
Popliteal Height, sitting (PH)
Buttock-Popliteal Length (BPL)
Elbow Height, sitting (EHS)



a) Stature b) Thigh Clearance c) Hip Breadth, sitting



d) Popliteal Height, sitting e) Buttock-Popliteal Length f) Elbow Height, sitting

Figure 3. Anthropometric Measures

The reader may refer to Satır and Erdoğan (2021) for the verbal definitions of the measures.

Relations of the Anthropometric and Furniture Measures

In order to construct the relations between furniture dimensions and anthropometric measures, we use five relations, where all are in line with the study of Castellucci et al. (2010) and Satır and Erdoğan (2021). The reader may refer to these two papers and Castellucci et al. (2015) for details of the relations.

$$TC + 2 < SDC \quad (1)$$

Relation #1, Thigh Clearance against Seat-to-Desk Clearance, defines that the seat-to-desk clearance should be at least thigh clearance plus two centimeters, so that the student not only fits but also has room for leg movement and be comfortable.

$$HB < SW \quad (2)$$

Relation #2, Hip Breadth, sitting against Seat Width, defines that the seat width should be greater than the hip breadth, which is sufficient for ergonomic suitability.

$$(PH + 3)\cos 30^{o} \leq SH \leq (PH + 3)\cos 5^{o} \quad (3)$$

Relation #3 is between Seat Height and Popliteal Height, sitting. It defines the range for seat height, where Popliteal Height is neither too short nor too long compared to the seat height. When this relation is violated, compression in the buttock region will happen.

$$0.80BPL \leq SD \leq 0.95BPL \quad (4)$$

Relation #4 is for Seat Depth and Buttock-Popliteal Length. It defines the range for seat depth, where it is neither too high to cause loss of backrest support nor too low to support student's thighs so that the knees do not tend to bend down.

$$EHS \leq SDH \leq EHS + 5 \quad (5)$$

Relation #5, Elbow Height, sitting against Seat-to-Desk Height, defines that the seat-to-desk height should be between elbow height while sitting plus five centimeters. Otherwise, a student will not be able to her/his rest arms on the desk.

Measurement Results and Mismatch Rates

Furniture Measurements

Furniture measurements are given in Table 2 w.r.t. furniture types.

Table 2. Furniture measurements

		Furniture Measure				
		Seat-to-Desk Clearance (SDC)	Seat Width (SW)	Seat Height (SH)	Seat Depth (SD)	Seat-to-Desk Height (SDH)
Furniture Type	STD	14.7	47.1	38.5	35.2	27.6
	AUD	17.1	46.7	41.2	42.7	30.5

3.2. Anthropometric Measurements

Anthropometric measurements' descriptive statistics are given in Table 3.

Table 3. Anthropometric measurements' descriptive statistics

	Weight	Stature	Thigh clearance	Hip Breadth, sitting	Popliteal height, sitting	Buttock-popliteal length	Elbow-height, sitting
Mean	67.0	171.0	15.6	37.2	43.2	48.4	23.7
St.Dev.	14.7	9.6	2.4	3.6	4.0	3.9	3.3

Mismatch Rates of the Relations between the Anthropometric and Furniture Measures

Figure 4 shows the mismatch percentages w.r.t relations and furniture types. Relation#1 and Relation#3 are totally mismatched for both STD and AUD furniture types. Therefore, none of the students fit onto furniture and does not have room for leg movement. Also, seat height is not appropriate for all students, and all students have compression in their buttock region. Mismatch percentage for Relation#2 is comparatively small, and seat width is mostly appropriate for students using both STD and AUD furniture types. Relations 4 and 5 have higher mismatch percentages for STD and AUD, respectively. Seat depth and seat-to-desk height are not appropriate for both furniture but worse for STD and AUD, respectively.

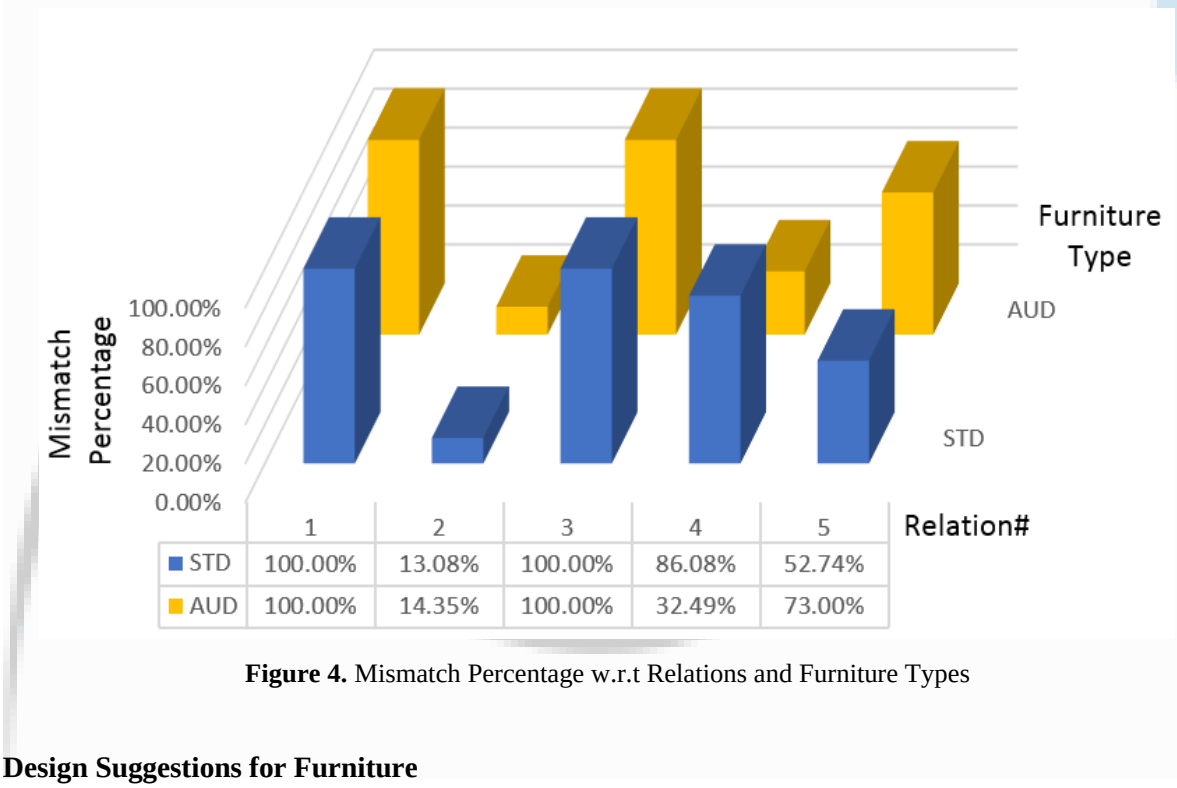


Figure 4. Mismatch Percentage w.r.t Relations and Furniture Types

Design Suggestions for Furniture

Except for the relation between hip breadth and seat width, the mismatch rates are very high for all relations. This result is similar to Satır and Erdoğan (2021). Assuming the anthropometric measures are Normally distributed, we propose dimensions for furniture that better ergonomically fits to students.

Anthropometric measurement of a student is a Random Variable and is assumed to be Normally distributed. Let it be denoted by X. Mean μ and variance σ^2 of X are estimated by sample mean and variance. Sample variance is a good estimator since our sample size is sufficiently large although it is not an unbiased estimator. For two-sided confidence interval (CI) with 1-α significance level, then CI is

$\mu \pm Z_{(1-\alpha/2)}\sigma$ and becomes $\bar{X} \pm Z_{(1-\alpha/2)}s$ using estimators. For one-sided CI, it is either $\bar{X} + Z_{(1-\alpha)}s$

or $\bar{X} - Z_{(1-\alpha)}s$ depending on the interval side.

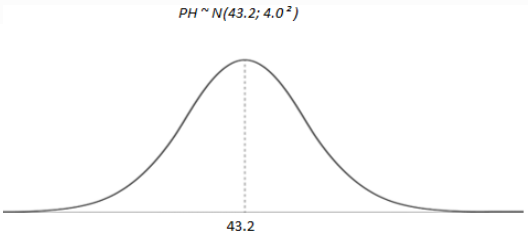
Before proceeding to statistical results, remind that for a Random Variable X having mean μ_X (i.e., $E[X]=\mu_X$) and variance σ_X^2 (i.e., $Var(X)=\sigma_X^2$), using constants a and b, the mean and variance of a linearly transformed Random Variable Y=aX+b are found as follows:

$\mu_Y=E[aX+b]=a\mu_X+b$ and $\sigma_Y=Var(aX+b)=a^2\sigma_X^2$.

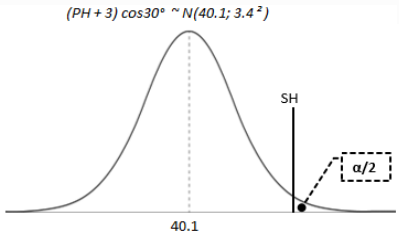
To propose an SDC value, we consider Relation #1. Using TC ~ N(15.6; 2.4^2) for TC < SDC-2 in one-sided 95% CI, $[\bar{X}+Z_{(0.95)}s]$ +2 = 21.6 centimeters is found to be the best seat-to-desk clearance. We conclude that if this SDC value is used, only 5% of all students will violate Relation #1, which means that the mismatch rate would be 5%. If SDC values greater than this value are used, it results in a lower mismatch rate.

Relation #2 calculations are similar to Relation #1. One-sided 95% CI becomes $37.2+3.6\times Z_{(0.95)}$ giving SW=47.1 centimeters. This SW value will result in a violation of Relation #1 by only 5% of all students, and a greater SW value will result in a lower mismatch rate.

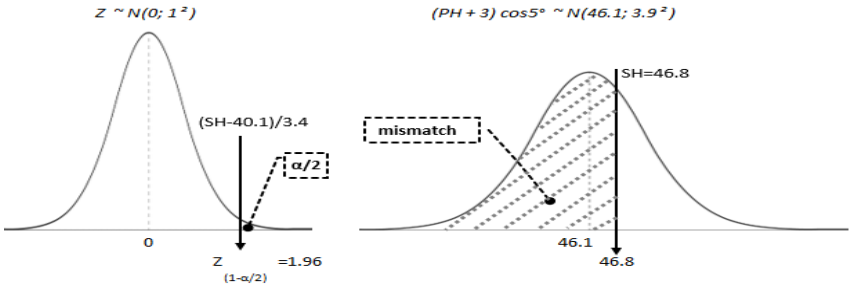
In Relation #3, upper and lower sides are considered separately. PH is distributed normally as $PH\sim N(\mu_{PH}; \sigma_{PH}^2)$, i.e., $PH\sim N(43.2; 4.0^2)$, as shown in Figure 5-a. Considering the lower side as an equality, i.e., $(PH + 3)\cos30^o = SH$, $(PH + 3)\cos30^o$ is also a normally distributed random variable, say Y. $E[Y]=E[(PH + 3)\cos30^o]= E[\cos30^o\ PH + 3\cos30^o] = \cos30^o\ E[PH] + 3\cos30^o = \cos30^o\mu_{PH} + 3\cos30^o$ and $Var(Y)=Var((PH + 3)\cos30^o)= Var(\cos30^o\ PH + 3\cos30^o\ ) = (\cos30^o)^2\ Var(PH)= (\cos30^o)^2\ \sigma_{PH}^2$. Therefore, $(PH + 3)\cos30^o \sim N(40.1; 3.4^2)$. This transformation of the normal random variable PH is shown in Figure 5-b. SH should be determined to leave the area under this curve on the right of SH as $\alpha/2=0.025$, since the probability of violation of the lower side of the relation, i.e., $Prob\{(PH + 3)\cos30^o > SH\}$, should be $\alpha/2$. Note that the curve of $(PH + 3)\cos30^o$ is narrower but higher compared to that of PH. Next, we perform standard normal random variable transformations, Z, as in Figure 5-c. The curve becomes narrower and higher. Solving $(SH-40.1)/3.4=Z_{(0.975)}$ for SH, seat height is found as 46.8 centimeters. With this value, 97.5% of the students conform, and 2.5% of the students violate the lower side of the relation. $(PH + 3)\cos5^o$ is the upper side of the equation and distributed normally with mean and variance found by similar iterations of $(PH + 3)\cos30^o$. Resulting distribution is $(PH + 3)\cos5^o \sim N(46.1; 3.9^2)$ and $Prob\{(PH + 3)\cos5^o < SH\}$ is the violation probability w.r.t. upper side of the relation and using SH=46.8, as shown in Figure 5-d. This probability is found to be 57.3%. Considering both violations, probability of mismatch of Relation#3 for SH=46.8 is found as 59.8%.



a) PH



b) (PH + 3) cos30°



c) Z (Standard Normal Distribution) d) (PH + 3) cos5°

Figure 5. Normal Distribution Curves for Relation#3

Similar calculations are made for upper side of the relation. SH is found as 38.3 centimeters, and the total mismatch probability is found to be 71.8%. A better SH value may be found using the averages of the two SH values found, which is 42.5 centimeters. *Prob*{(PH + 3) cos30º > 42.5} and *Prob*{(PH + 3) cos5º < 42.5} give 18.7% and 23.4%, respectively, which makes 42.1% overall mismatch probability. By trial-error, an SH value to equate UB and LB mismatch rates may be found. SH=42.9 gives almost equal UB and LB mismatch probabilities, and total mismatch probability is 41.5%.

Design analysis for Relation #4 is similar to Relation#3. LB-based and UB-based SD values are found to be 44.8 and 38.7 centimeters, with total mismatch probabilities of 40.2% and 52.9%, respectively. The average of SD values is 41.8 centimeters with a total mismatch probability of 29.1%. SD=42.3 is found by trial-error with a total mismatch probability of 28.5%.

Seat-to-desk height values were found to be 30.3 and 22.2 centimeters by following similar steps. Overall mismatch probabilities are found as 70.5% and 70.4% for those values, respectively. The average SDH value of 26.2 centimeters gives a 45.5% mismatch rate, which is also the lowest. This is because of , anthropometric measures are multiplied by constants in Relation #3 and Relation #4, but summed with a constant in Relation #5. Additions does not disrupt the symmetric behavior of the Normal Distribution w.r.t. the random variable, but multiplication does.

Table 7 summarizes the suggestions for furniture dimensions and their effects on mismatch percentages. The improvements in mismatch percentages are quite significant.

Table 7. Suggested STD Furniture Dimensions

Furniture Measure		Current Measurements of STD (cm.)	Current Mismatch of STD (%)	Mismatch Minimizing Value (cm.)	Minimum Mismatch (%)	Improvement in Mismatch (%)
Seat-to-Desk Clearance	(SDC)	14.7	100.0%	21.6	5.0%	95.0%
Seat Width	(SW)	47.1	13.1%	45.2	5.0%	8.1%
Seat Height	(SH)	38.5	100.0%	42.9	41.5%	58.5%
Seat Depth	(SD)	35.2	86.1%	42.3	28.5%	57.6%
Seat-to-Desk Height	(SDH)	27.6	52.7%	26.2	45.5%	7.2%

Conclusions and Future Work

In this study, we analyzed the classroom furniture used by Çankaya University students with regards to ergonomic suitability. We took anthropometric measurements from 237 volunteer students after obtaining the appropriate ethical approvals.

We find high mismatch rates, just as had been the case for many other similar studies in the literature. None of the students have ergonomic match with STD and AUD furniture types considering the dimensions of Seat-to-Desk Clearance and Seat Height. Since students rarely have classes in auditoriums at Çankaya University, we compare our suggestions of furniture dimensions with STD furniture.

Besides Seat-to-Desk Clearance and Seat Height, Seat Depth also seems to be problematic furniture dimension with more tha 86% mismatch rate. Assuming the anthropometric measures are Normally distributed, we propose furniture dimensions to reduce mismatch rates. Average improvement in mismatch probability is 45.3%. Almost all the mismatch probability for Seat-to-Desk Clearance is eliminated and mismatch probabilities for Seat Height and Seat Depth are improved by more than half. Seat Width has a low mismatch probability for STD, so it is not improved much. Seat-to-Desk Height is the only dimension with a high mismatch for STD and not significantly improved. It is concluded that, using fixed-dimension furniture, it is not possible to achive a low mismatch probability for this dimension. Adjustable desk may be used to reduce this ergonomic mismatch.

Since our study is data-dependent, it would be a good idea to increase the sample size and repeat the analyses in Çankaya University. Considering other universities to increase sample size and also adding furniture types to analyze. Our study can also be extended by considering more anthropometric measures and furniture dimensions.

References

Bravo, G., Bragança, S., Arezes, P.M., Molenbroek, J.F.M., and Castellucci, H.I. A literature review of anthropometric studies of school students for ergonomics purposes: Are accuracy, precision and reliability being considered?. Work, 2018, 60.1: 3-17.

Castellucci, H.I., Arezes, P.M., and Viviani, C.A. Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools. Applied ergonomics. 2010; 41(4), 563-568.

Castellucci, H.I., Arezes, P. M., and Molenbroek, J. F. M. Equations for defining the mismatch between students and school furniture: A systematic review. International Journal of Industrial Ergonomics. 2015; 48, 117-126.

Esmaeel, A., Starovoytova, D., Maube, O., & Asad, R. (2020). Design of Classroom Furniture for Use at Tertiary Institutions.

Fidelis, O. P., Ogunlade, B., Adelakun, S. A., & Adukwu, O. (2018). Ergonomic analysis of classroom furniture in a Nigerian university. Nigerian Journal of Technology, 37(4), 1154-1161.

ISO. ISO 7250-1:2017 Basic human body measurements for technological design - Part 1: Body measurement definitions and landmarks. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 2017

Kahya, E. (2019). Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures of university students. International Journal of Industrial Ergonomics, 74, 102864.

Khoshabi, P., Nejati, E., Ahmadi, S. F., Chegini, A., Makui, A., & Ghousi, R. (2020). Developing a Multi-Criteria Decision Making approach to compare types of classroom furniture considering mismatches for anthropometric measures of university students. PloS one, 15(9), e0239297.

Parvez, M. S., Rahman, A., & Tasnim, N. (2019). Ergonomic mismatch between students anthropometry and university classroom furniture. Theoretical Issues in Ergonomics Science, 20(5), 603-631.

Pérez-Gosende, P. (2017, October). Anthropometry-based approach for side-mounted desktop chairs design evaluation for university students in Ecuador. In 2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM) (pp. 1-5). IEEE.

Satır, B., Erdoğan, F. Ç. (2021). Comparison of classroom furniture to anthropometric measures of Turkish middle school students. Work, 70(2), 493-508.

Tunay, M., & Melemez, K. (2008). An analysis of biomechanical and anthropometric parameters on classroom furniture design. African Journal of Biotechnology, 7(8).

Presentation ID / Sunum No: 107

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-4437-3872

Antioxidant and Antimicrobial Properties of Silver Nanoparticles Synthesized From Sebin Walnut Oil

Dr. Öğretim Üyesi Betül Gürünlü
Üsküdar University

Abstract: *The origin of walnut samples in this study is from Giresun Province, Şebinkarahisar district, Çileder neighborhood, Çakır Village. In our study, the walnut oil was obtained from Sebin Juglans Regia fruits by hexane extraction. The walnut oil was used for the reduction of AgNO3 to silver nanoparticles (AgNP). The maximum yield of nanoparticles was attained and the high peak at 420 nm was observed in UV-vis spectra. According to FT-IR results, a strong peak was observed at 3334.32 cm-1 indicates presence of O-H stretching (phenolics) and N-H stretching of carboxylic acid and amides linkages groups in the organic molecules. Also, a medium peak at 1635.34 cm-1 showing C-H stretching of aromatics groups and represents the N–H (amine) band. The average particle size of the synthesized nanoparticles was estimated as 57.781 nm according to SEM images. According to EDX results, the weight (%) of Ag is the third highest element with 16.4 % after silica. Also, another signal from 'O' is recorded due to the presence of organic moieties from the enzymes or proteins in the walnut oil. DLS results showed that the particle size of the AgNPs obtained from Sebin Walnut Oil (S-AgNPs) is 206,43 nm and zeta potential of S-AgNPs is determined as -70,96 mV. S-AgNPs showed promising antioxidant properties by using DPPH radical scavenging and Folin-Ciocalteu methods. The antimicrobial effects of S- AgNPs were observed against to Escherichia coli (E. coli) and Staphylococcus aureus (S. aureus) bacteria cultures. According to Folin-Ciocalteu method results, the excellent correlation coefficient (R2) value was found to be as 0.9608 for S-AgNPs. The antibacterial activity of E. Coli and S. Aureus are observed and the area of death bacteria cells are expanded by 1.4 and 1.5 folds, respectively. The liquid bacteria cultures, E. coli and S. Aureus were exposed to S-AgNPs that were prepared as two different concentrations; 1.5 g/l and 2.5 g/l. As the S-AgNPs concentration increases, the bacteria cells concentrations that belong to E. Coli and S. Aureus were decreased as 1 and 1.5 folds, respectively.*

Anahtar Kelimeler: *Sebin Walnut, Silver Nanoparticles, Antioxidant, Antimicrobial*

Introduction

Nanoparticles can be created using a variety of techniques, including physical, chemical, photochemical, and biological ones. Each technique has benefits and drawbacks. Cost, stability, particle size, and particle size dispersion are often encountered issues in nanoparticle production [1]. The use of natural resources to create environmentally friendly nanoparticles and nanostructures under mild reaction conditions is sparked by green and sustainable chemistry.

Noble metals have so far helped humanity. Due to their enhanced chemical, physical, and optical capabilities, the conversion of metals to their nanoscale is becoming increasingly important in the current environment [2,3]. The use of metal and metal oxide nanoparticles, such as TiO_2, Ag_2O, ZnO, and others, in the field of medicine has shown significant therapeutic value. Metallic NPs have also been used in applications for biosensors, diagnostic imaging, and medication administration [4,5].

Silver nanoparticles (AgNPs) are very poisonous to a variety of bacteria. These nanoparticles are frequently employed in biological research and environmental sanitation because of their antibacterial qualities. Due to their high surface to volume ratio and large active surface area, AgNPs exhibit exceptional features. However, due to this aspect of the active surface, the nanoparticles clump together [6].

In comparison to other biological processes, the generation of NPs by plants is more advantageous because the cell culture is preserved and maintained without disruption. In contrast to microbes, plant-mediated synthesis is a simple, one-step process with no mutation hazards. For the large-scale synthesis of NPs, extraction and separation may also be simply scaled up [7]. Plant components must have a variety of reducing agents with electron-shuttling chemicals, secondary metabolites, enzymes, and proteins in order to synthesize metal NPs. The location of NPs during the bioaccumulation process depends on the presence of particular enzymes or proteins. It takes time and money to collect these NPs from plant tissues, and enzymes are needed to break down the cellulose components that surround them [8]. Therefore, downstream processing and scaling up of NPs are simple when generating metal NPs utilizing plant extracts. There are three primary phases in the creation of metal nanoparticles from plant extracts: [i] initial phase; [ii] activation phase, [iii] termination phase. Metal ion reduction and the nucleation of reduced metal atoms take place in the first stage. Nanotubes, nanoprisms, nanohexahedrons, and other irregularly shaped NPs can all be formed more easily as a result of the aggregation. As the metal NPs are stabilized by the plant extract, they eventually adopt the most energetically advantageous shape [9-11].

Juglans regia is said to have its genetic roots in Türkiye. Every region of the nation is home to wild walnut trees, which vary greatly in terms of fruit characteristics and vegetative growth. Particularly its natural hybrids and geographical variants, which have significant potential for use as cultivars, Türkiye is rich in genetic resources for walnut seedlings. The expansion of walnut agriculture in this nation will rely heavily on the use of this variability in the selection of exceptional seedlings with desirable features. These seedling selections are suitable for the soil and local climate, and they will also provide nuts of a high standard. From this population, the Persian walnut cultivar "Sebin" was chosen.

A standard in many Turkish regions that produce walnuts, "Sebin" is a Persian walnut cultivar that began as a seedling in Sebinkarahisar. It is a productive variety and bears fruit early. The high kernel ratio, outstanding yield, high nut quality, and precocity of "Sebin" are all factors in its appeal. The mean nut weight ranged from 9.95 to 12.40 g, the mean kernel weight ranged from 6.25 to 7.85 g [12]. Sebin walnut (*Juglans regia*) has a medium growth rate and 50% of its lateral buds are fruitful. It begins to leaf out at the beginning of April and has nuts that weigh an average of 11 g and have 67% kernel. At the end of September, fruit begins to ripen [13,14]. Its shell thickness is 0.65 mm, its kernel weight is 7 g, its oil content is 65%, protein content is 18%, ash content is 1.7% [15]. The number of fruits in the cluster is 2-4. Having a total tocopherol content of 36.3% plays a major role in the enhanced antioxidant properties of Sebin walnut. Considering the fatty acid content, it has been reported that Sebin walnut contains 55.03% linoleic acid, 14.17% linolenic acid, 19.06% oleic acid and 7.81% palmitic acid. The inner walnut is easily separated from the shell and comes out as a whole. When the tocopherol content of 100 g oil obtained from Sebin walnut was examined, the total amount of tocopherol was 36.9 mg, of which 1.4 mg α-Tocopherol, 33.1 mg γ + β-Tocopherol, 2.4 mg δ-Tocopherol were determined.

In this study, we developed a synthesis method for the reputable Sebin walnut based silver nanoparticles (S-AgNPs) and then we examined the antioxidant and antibacterial effects of S-AgNPs. Firstly, we applied Folin-Ciocalteu and DPPH techniques in order to prove the antioxidant effects of S-AgNPs. Secondly, we tested the antibacterial effect of synthesized S-AgNPs on liquid and solid cultures of both Escherichia Coli (*E.coli*) and Staphylococcus aureus (*S. aureus*) bacteria types.

Materials and method

2.1. Materials

Walnut samples (Juglans regia L.) were collected during the September of 2022 harvest from Giresun Province, Şebinkarahisar district, Çileder neighborhood, Çakır Village that is located in the Black Sea region of northeastern Türkiye. Air-dried and unshelled samples were ground into small pieces by using a mortar. n-Hexane (98%), Silver nitrate ($AgNO_3$) and Sodium Hydroxide (99%) were purchased from ZAG Chemicals, Türkiye.

2.2. Experimental method

2.2.1. Soxhlet extraction

Unshelled and dried samples (91,79 g) of walnut, were exhaustively extracted with n-hexane as a solvent in a 500-mL Soxhlet apparatus (Figure 1) for 6 h. Thereafter, the extracts were separated from the solvents by rotary evaporation. Total oil amounts obtained as 272,36 ml oil/kg dry sample were determined gravimetrically.

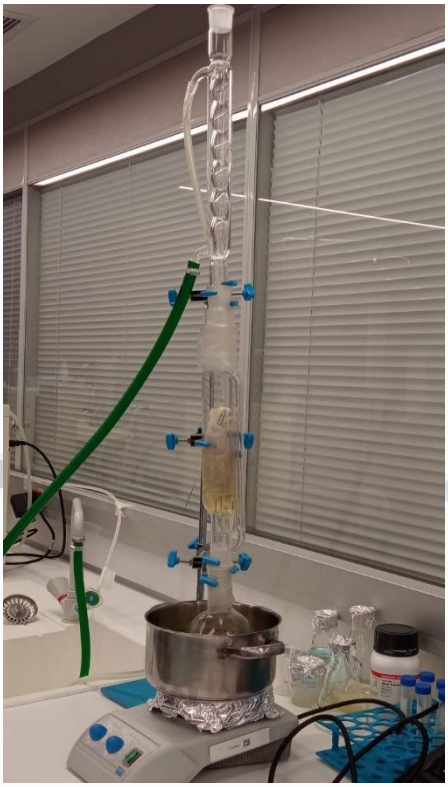


Figure 1. Soxhlet extraction apparatus for hexane extraction of Sebin Walnut

2.2.2. Synthesis of silver nanoparticles

A 100 ml volume of 1.25 mmol $AgNO_3$ solution was prepared. 100 ml of 1 mmol NaOH was prepared. The pH of the $AgNO_3$ solution was adjusted to 11 by dropping NaOH little by little into the $AgNO_3$ solution. 0.6 ml of Sebin walnut oil was added to AgNO3 solution adjusted to pH 11 and this solution was stirred in a magnetic stirrer for 6 hours.

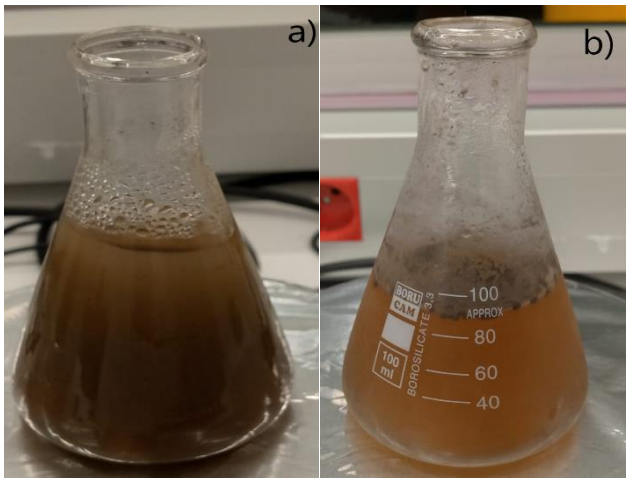


Figure 2. a) Before the reduction of $AgNO_3$ solution with the oil b) After the reduction of $AgNO_3$ to silver nanoparticles

After the reduction of the $AgNO_3$ to silver nanoparticles, the colour of the solution turned to dark greenish colour to orange-red-brown colour as seen in Figure 2.

2.3. Characterization studies

The biosynthesized nanoparticles were characterized using various analytical techniques. UV visible (UV-vis) spectra of S-AgNPs reaction mixture was recorded between 200 - 600 nm wavelength by using Shimadzu UV-1900i spectrophotometer, Japan. The functional groups were analysed by using Jasco FT/IR-4700 spectrometer of Japan over the wavelength range from 500 to 4000 cm^{-1}. Morphology studies of the synthesized nanoparticles were carried out by using scanning electron microscopy of Zeiss EVO M10 SEM, Jena, Germany. In order to prepare the samples for SEM characterization, the S-AgNPs solution was dripped and dried onto the microscope slides. The particle size distribution and zeta potential of S-AgNPs were measured using dynamic light scattering (DLS) and zeta potential (Malvern Nano Zeta Sizer).

2.4. Antioxidant assay

In order to measure the antioxidant properties of silver nanoparticles synthesized by using Sebin Walnut oil (S-AgNPs), the Folin- Ciocalteu procedure was applied. First 6 test tubes were taken and labelled as blank and s1-s5 (sample 1 - sample 5). Secondly, 0.5 mL of Gallic acid sample solutions were added to the related labeled tubes (s1-s5). Thirdly, 0.5 mL of distilled water was added to the blank tube. After that, 2 mL of diluted Folin-Ciocalteu's phenol reagent was added to each tube and mixed well. In next step, 1 mL of Na_2CO_3 solution was added to each tube and mixed well. The samples were incubated at room temperature for 30 min in dark. Finally, their absorbances were measured at 765 nm against the blank. Also, for comparison, Gallic acid was used as the standard in the concentration range of 20-100 mg/L. The results were determined from the standard curve and were expressed as Gallic acid equivalent (mg GAE/mL of extract).

2.5. Antimicrobial assay

The *E. coli* (gram negative bacteria) and *S. aureus* (gram positive bacteria) were provided by University of Health Sciences, Haydarpasa Numune Training and Research Hospital, Microbiology Laboratuary, Türkiye. 100 ml distilled water was added to 4 g Luria Bertani (LB) broth-agar and then this LB both solution was autoclaved for 2 hours. After that, the LB broth-agar solution was pour into the petri dishes. After these broth was held for 2 hours and then *E. coli* and *S. aureus* bacteria cultures were cultivated in these petri dishes by using cell spreader. These bacteria cultivated sample bottles was held in drying oven at 37 ◦C for bacteria growth for 24 hours.

For the liquid bacteria cultures, 100 ml distilled water was added to 2.5 g Luria Bertani (LB) broth and then this LB broth solution was autoclaved for 2 hours. After that, the LB broth solution was pour into

two different sample bottles for *E. coli* and *S. aureus*. Then, 1ml of each of the bacteria strains was put into separate sample bottles for *E. coli* and *S. aureus*. These bacteria cultivated sample bottles was held in incubator (Microtest) at 37 ◦C by applying the agitation at 150 rpm for bacteria growth for 24 hours.

Results and Discussion

The results of characterization studies, tests that were done for representing the antioxidant and antibacterial effects of S-AgNPs were presented and interpreted in this section.

3.1. UV-vis analysis results

The UV-vis analysis was performed to synthesized S-AgNPs. The UV-vis spectra of S-AgNPs is given in Figure 3.

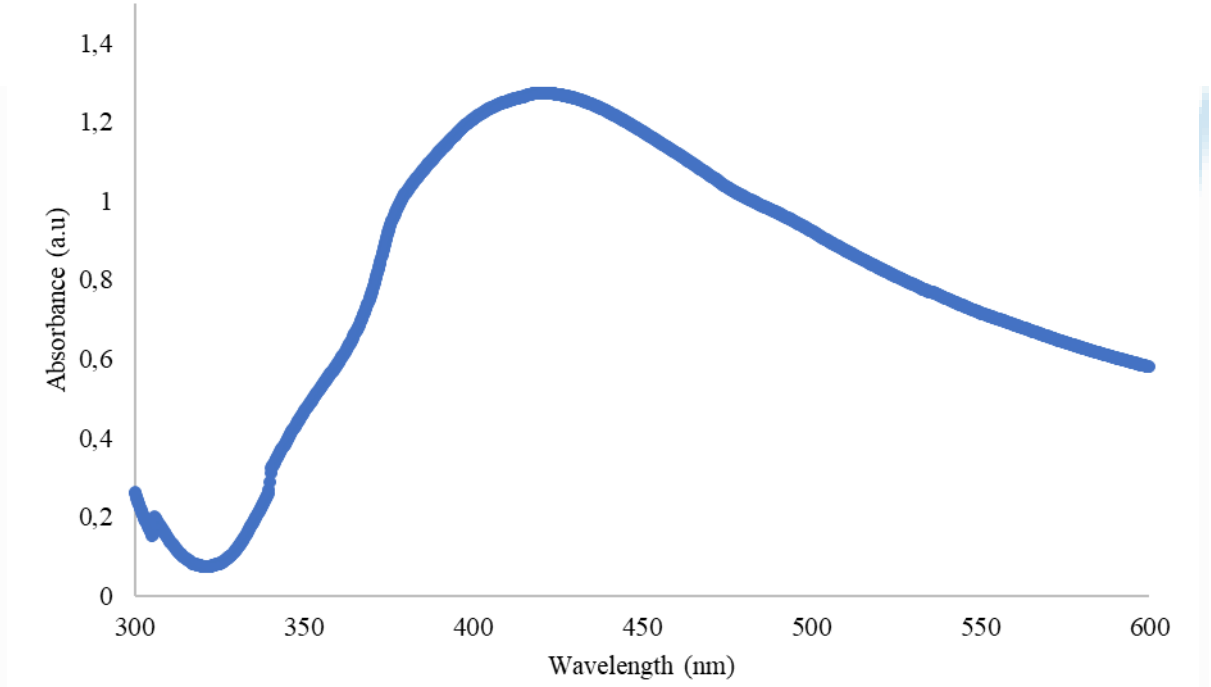


Figure 3. UV-vis analysis results of synthesized S-AgNPs.

The reaction mixture of silver nitrate with oil extract was turned into brown colour within 6 hours' incubation indicates starting of synthesis of silver nanoparticles. The SPR band was formed at 420 - 435 nm for silver nanoparticles synthesized from oil extract. Oil extract mediated synthesized silver nanoparticles shows SPR band at initial time of incubation at 420 nm with broadened indicates reduction process was started. The absorbance intensity was increased while increasing the time of reaction. After 24 hours, the maximum synthesis of nanoparticles was attained and the high peak at 420 nm was observed. This result is compatible with the previous studies [16,17].

3.2. FT-IR analysis results

In order to pinpoint the several chemical groups in biomolecules that appear to be in charge of the bio-reduction of Ag^{+}, capping, and stabilizing the S-AgNPs, FT-IR study was carried out. The obtained FT-IR spectra which belongs to S-AgNPs is presented in Figure 4.

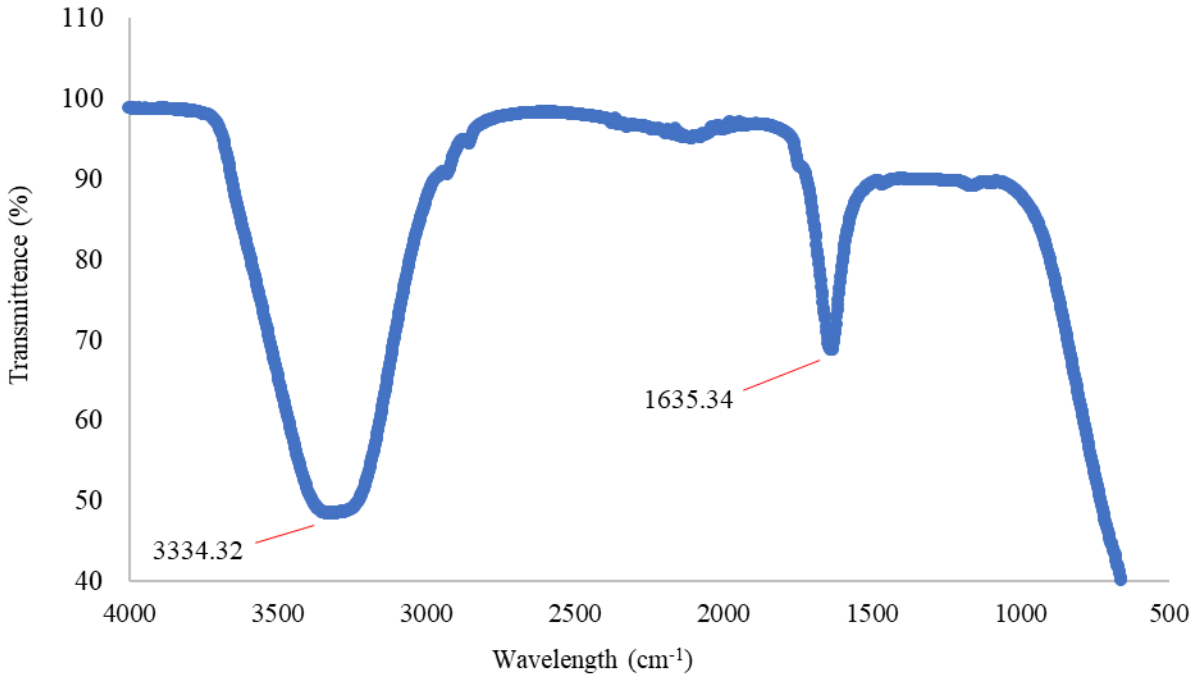
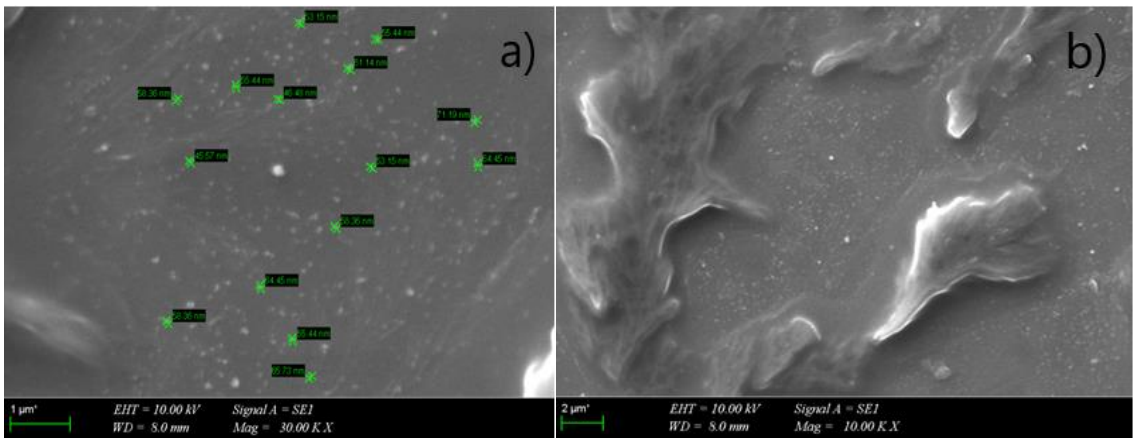


Figure 4. FT-IR spectra of silver nanoparticles synthesized using Sebin walnut oil

FT-IR spectrum shows the water soluble organic compounds from the oil extract may involve in the reduction of silver ions. A strong peak was observed at 3334.32 cm^{-1} indicates presence of O-H stretching (phenolics) and N-H stretching of carboxylic acid and amides linkages groups in the organic molecules. O-H stretching vibration is brought on by the presence of phenols and alcohols [18]. A medium peak at 1635.34 cm^{-1} shows C-H stretching of aromatics groups and represents the N–H (amine) band [19]. Also, in the spectra, this band is consistent with C-N and C-C stretching and denotes the presence of proteins. These carboxylic groups and amines from proteins of oil extract may cap the silver nanoparticles and form a layer on the surface of nanoparticles could acts reducing and stabilizing the nanoparticles.

3.3. SEM-EDX characterization results

The morphological characterization of silver nanoparticles synthesized from oil extract of Sebin Walnut (*Juglans Regia*) fruit was done by SEM (Figure 5a-b). SEM images represent the size, shape and distribution of nanoparticles. It illustrates that individual silver nanoparticles as well as number of aggregates and it illustrates the particles are predominantly spherical in shape with uniformly distribution. Figure 5c that including the EDX pattern demonstrates the crystalline and elemental composition of S-AgNPs.



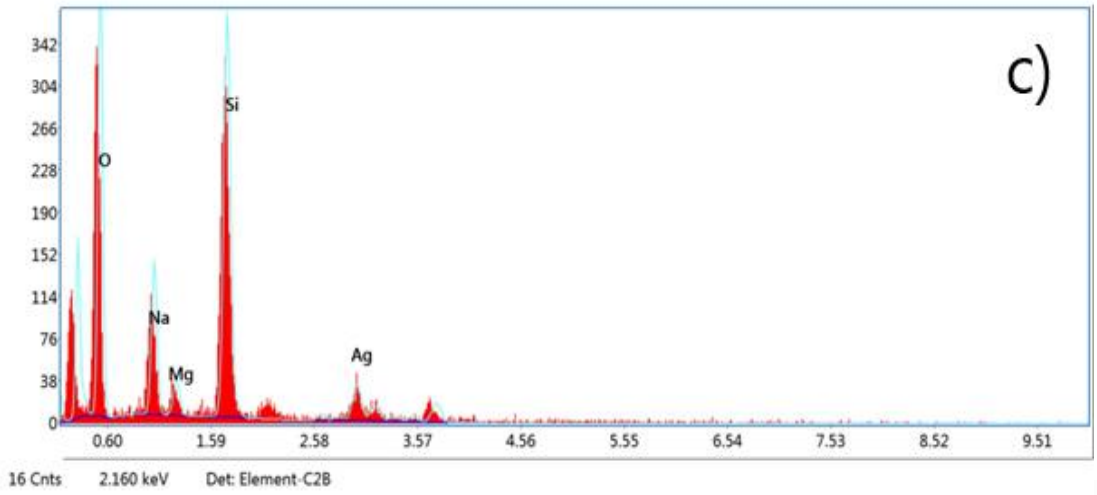


Figure 5. SEM-EDX results of S-AgNPs. (a) SEM image shows spherical shape of nanoparticles at a) 1µm and (b) 2 µm scale bar c) EDX report of AgNPs observed at 10 keV binding energy for Ag.

The average particle size of the synthesized nanoparticles was estimated as 57.781 nm according to SEM images. The SEM-EDX pattern representing the elemental composition of S-AgNPs was given in Table 1. According to EDX results, the weight (%) of Ag is the third highest element with 16.4 % after silica.

Table 1. EDX pattern representing the elemental composition of S-AgNPs

Element	Weight (%)	Atomic (%)	Error (%)
O	33,85	50,84	9,72
Na	13,55	14,16	9,67
Mg	2,77	2,74	16,99
Si	33,43	28,6	5,78
Ag	16,4	3,65	20,05

The significant signal in the silver region was observed at 10 keV for silver nanoparticles due to the surface plasmon resonance. Also another signal from 'O' is recorded it may due to the presence of organic moieties from the enzymes or proteins in the walnut oil. High silica content that is shown in Table 1 can be observed due to the microscope slide that we used during the sample preparation.

3.4. Dynamic Light Scattering (DLS) Analysis Results

The examination of dynamic light scattering (DLS) is a crucial and practical method for determining the distribution and size of particles in nanomaterials. The DLS of the biosynthesized S-AgNPs showed a 206,43 nm particle size (Figure 6a). Because DLS and SEM are based on various detection concepts and methods, there may be some variance in the size of the particles as measured by the two techniques. Additionally, DLS measures a particle's hydrodynamic diameter, which may be increased by water molecules; as a result, the resulting particle size is typically larger than that determined by SEM analysis.

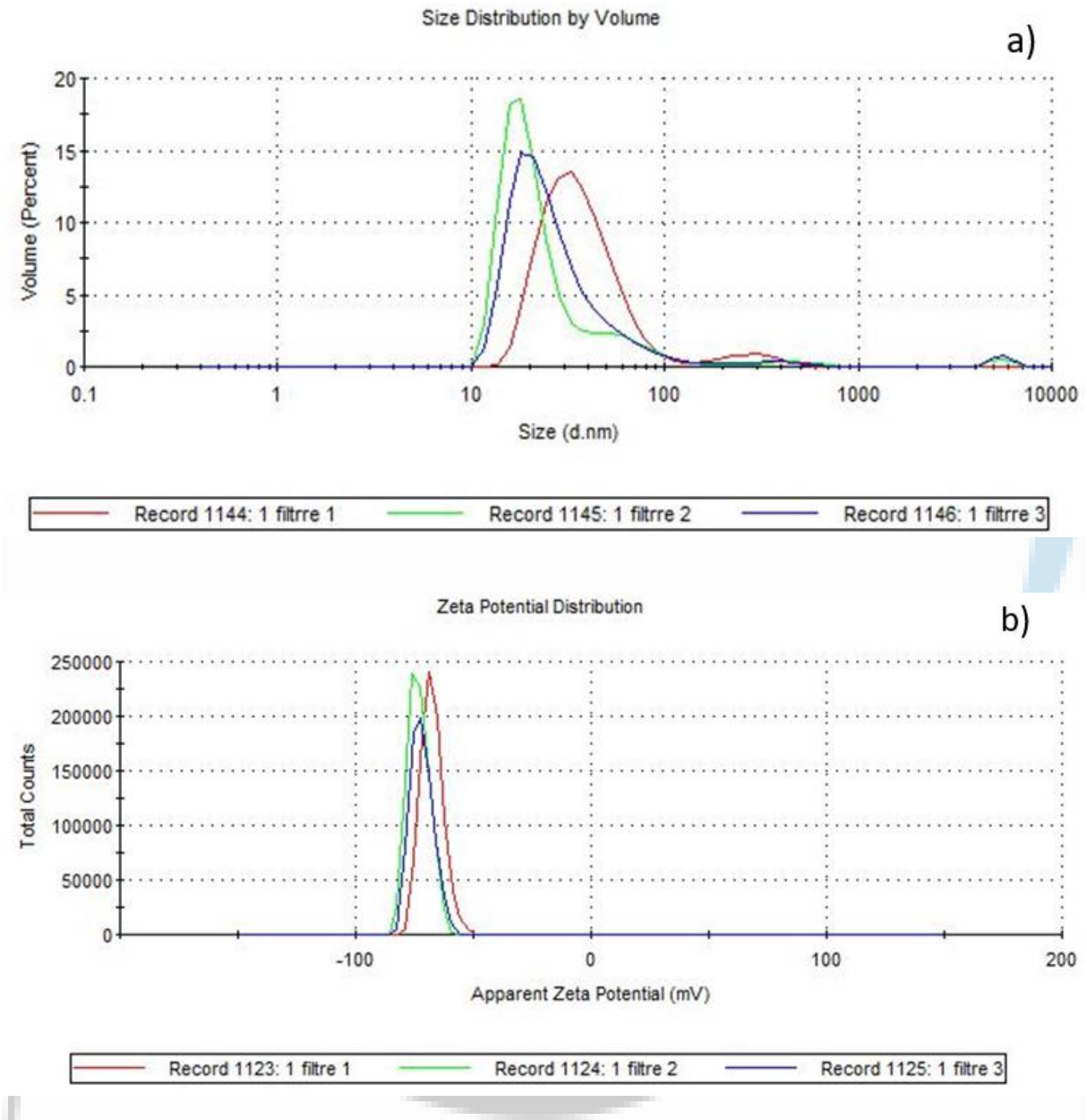


Figure 6. Dynamic light scattering (a) and Zeta potential (b) of the biosynthesized S-AgNPs, outlining the particle size distribution and surface charge value, respectively.

In the biosynthesized AgNPs' zeta potential study, the average intensity value was determined to be -70,96 mV (Figure 6(b)). It shows that there are negatively charged moieties on the surface of the S-AgNPs that have grown in the media. The negative readings that demonstrated the particles' extreme stability may be the cause of the attraction between the particles. Due to the repulsion between the particles, low zeta potential values of the particles imply little flocculation and no desire to combine.

3.5. Antioxidant assay results

In order to determine the antioxidant capacity of S-AgNPs, Folin-Ciocalteu method was applied.

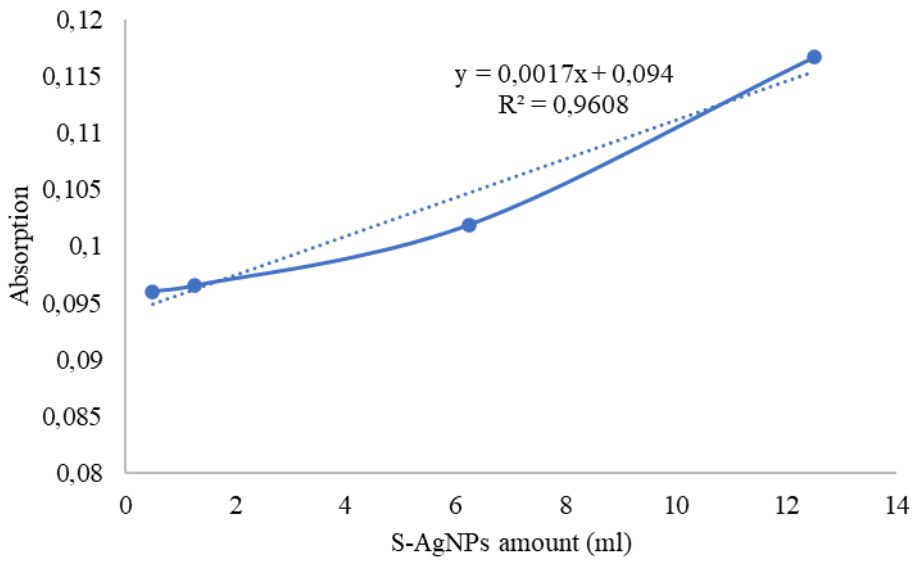


Figure 7. Folin-Ciocalteu method results of S-AgNPs

According to Folin-Ciocalteu results, the excellent correlation coefficient (R^2) value was found to be 0.9608 for AgNPs obtained from Sebin Walnut Oil as presented in Figure 7.

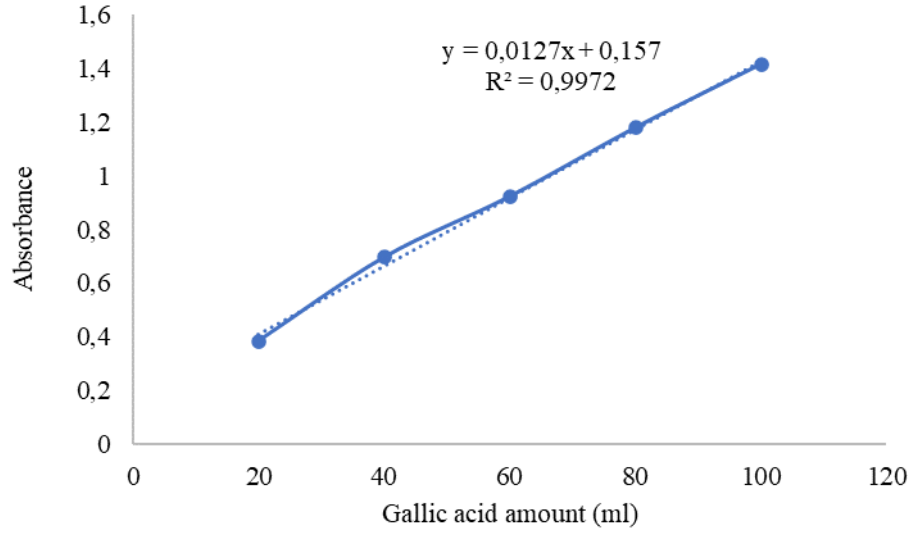


Figure 8. Folin-Ciocalteu method results of Gallic acid

According to Folin-Ciocalteu results, the excellent correlation coefficient (R^2) value was found to be 0.9972 for Gallic acid as presented in Figure 8.

3.6. Antibacterial assay results

3.6.1. Antibacterial test results that conducting at solid form bacteria cultures

The antibacterial activity of *E. coli* and *S. aureus* are observed in Figure 9.

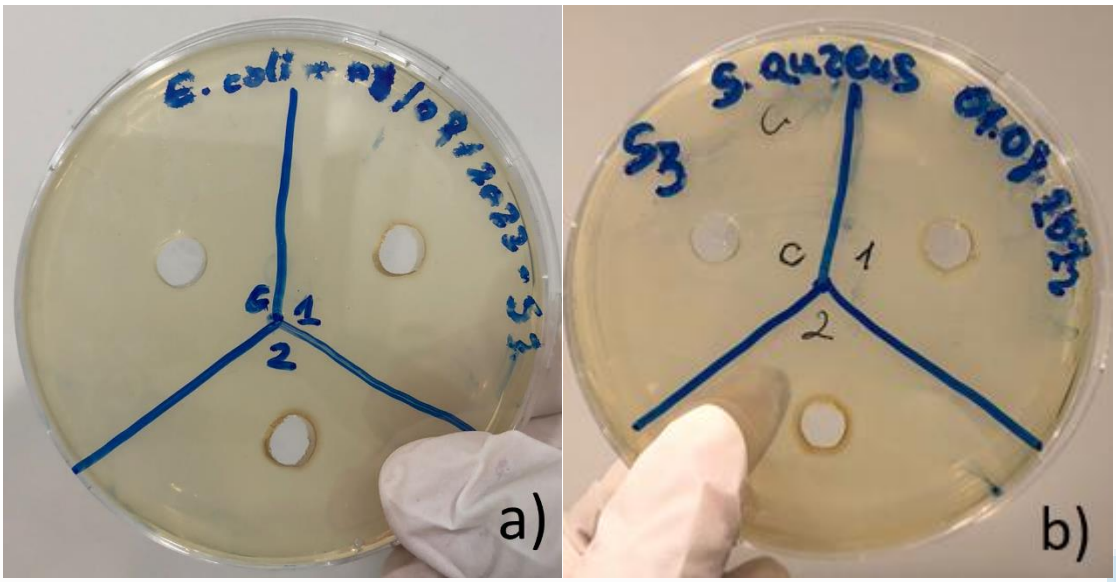


Figure 9. The images of the bacteria cultures (a)*E. Coli* and b) *S. Aureus*) after exposing to the S-AgNPs

After the expose of S-AgNPs, the areas of death bacteria cells are expanded by 1.4 and 1.5 folds for *E. coli* and *S. aureus*, respectively. The expansions of the perimeter of the area of bacteria cell death were given in Table 2.

Table 2. The expansion of the death area which different bacteria cell types on agar plate

Time (hr) / Bacteria Culture	1	2	3	36
E.coli	0.8 cm	1 cm	1 cm	1.1 cm
S. aureus	1 cm	1 cm	1.1 cm	1.5 cm

3.6.2. Antibacterial test results that conducting at liquid form bacteria cultures

The liquid bacteria cultures, *E. coli* and *S. aureus* were exposed to synthesized S-AgNPs that were prepared as two different concentrations; 1.5 g/l and 2.5 g/l. The results were presented in Table 3.

Table 3. The decrease of the concentration of *E. coli* and *S. Aureus* bacteria cultures in liquid form in glass tube

	E. coli			***S. aureus***		
C_{AgNP} / **Time**	Control	1.5 g/l	2.5 g/l	Control	1.5 g/l	2.5 g/l
t_0	1.556	1.552	1.849	1.426	1.229	1.768
t_1	1.151	1.689	1.846	1.484	1.668	1.936
t_2	1.615	1.712	1.758	1.571	1.411	1.599
t_3	1.741	1.782	1.913	1.594	1.532	1.897
t_{24}	1.923	1.673	1.798	2.109	2.076	1.284

The decrease that have been observed on *E. coli* and *S. Aureus* were presented in Table 3. As S-AgNPs concentration increased, the bacteria cells concentration that belong to *E. Coli* and *S. Aureus* were decreased as 1 and 1.5 folds, respectively.

Conclusion

In this study, we developed a simple, fast, facile and green method for the synthesis of silver nanoparticles by using the oil extract from Sebin Walnut (*Juglans Regia*) fruit. After 24 hours from the synthesis, the maximum yield of nanoparticles was attained and the high peak at 420 nm was observed in UV-vis spectra. According to FT-IR results, a strong peak was observed at 3334.32 cm^{-1} indicates presence of O-H stretching (phenolics) and N-H stretching of carboxylic acid and amides linkages groups in the organic molecules. Also, a medium peak at 1635.34 cm^{-1} showing C-H stretching of aromatics groups and represents the N–H (amine) band was obstained in FT-IR spectra of S-AgNPs. The average particle size of the synthesized nanoparticles was estimated as 57.781 nm according to SEM images. According to EDX results, the weight (%) of Ag is the third highest element with 16.4 % after silica. High silica content can be observed due to the microscope slide that was used during the sample preparation. Also, another signal from 'O' is recorded it may due to the presence of organic moieties from the enzymes or proteins in the walnut oil. DLS results showed that the particle size of the synthesized S-AgNPs is 206,43 nm and zeta potential of S-AgNPs is determined as -70,96 mV. According to Folin-Ciocalteu results, the excellent correlation coefficient (R^2) value was found to be 0.9608 for S-AgNPs. According to the antibacterial test results that were conducted by using the solid form bacteria cultures, after the expose of S-AgNPs, the areas of death bacteria cells are expanded by 1.4 and 1.5 folds for *E. coli* and *S. aureus*, respectively. Also, according to the antibacterial test results that were conducted by using the liquid form bacteria cultures, as S-AgNPs concentration increased, the bacteria cells concentrations that belong to *E. Coli* and *S. Aureus* were decreased as 1 and 1.5 folds, respectively.

Acknowledgement

This study was conducted at Bioengineering Basic and Application Laboratory of Üsküdar University. The authors thank to the head of Microbiology laboratory of Haydarpasa Numune Training and Research Hospital, Professor Sebahat Aksaray for providing *E. coli* and *S. aureus* bacteria cultures.

Funding statement

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

References

Rahimzadeh F, Ghadam P, Kasra-Kermanshahi R, Zarrabi M. In-situ production of silver nanobiocomposite using surface layer protein of Lactobacillus helveticus and aqueous extract of dried Juglans regia green husk and investigation of antibacterial activity. Polymer Bulletin. 2022;79(10):8353-67.

Zhang L, Gu FX, Chan JM, Wang AZ, Langer RS, Farokhzad OC. Nanoparticles in Medicine: Therapeutic Applications and Developments. Clinical Pharmacology & Therapeutics. 2008;83(5):761-9.

Yaqoob AA, Ahmad H, Parveen T, Ahmad A, Oves M, Ismail IMI, Qari HA, Umar K and Mohamad Ibrahim MN. Recent Advances in Metal Decorated Nanomaterials and Their Various Biological Applications: A Review. Front. Chem. 2020;8:341.

Yaqoob AA, Ahmad H, Parveen T, Ahmad A, Oves M, Ismail IMI, Qari HA, Umar K and Mohamad Ibrahim MN. Recent Advances in Metal Decorated Nanomaterials and Their Various Biological Applications: A Review. Front. Chem. 2020;8:341.

Katas H, Moden NZ, Lim CS, Celesistinus T, Chan JY, Ganasan P, Suleman Ismail Abdalla S. Biosynthesis and Potential Applications of Silver and Gold Nanoparticles and Their Chitosan-Based Nanocomposites in Nanomedicine. Journal of Nanotechnology, 2018;2018:1-13.

Salayova A, Bedlovicova Z, Daneu N, Balaz M, Lukacova Bujnakova Z, Balazova L, Tkacikova L. Green synthesis of silver nanoparticles with antibacterial activity using various medicinal plant extracts: morphology and antibacterial efficacy. Nanomaterials, 2021;11:1–20.

Veerasamy R, Xin TZ, Gunasagaran S, Xiang TFW, Yang EFC, Jeyakumar N, et al. Biosynthesis of silver nanoparticles using mangosteen leaf extract and evaluation of their antimicrobial activities. Journal of Saudi Chemical Society. 2011;15(2):113-20.

Marshall AT, Haverkamp RG, Davies CE, Parsons JG, Gardea-Torresdey JL, van Agterveld D. Accumulation of Gold Nanoparticles in Brassic Juncea. International Journal of Phytoremediation. 2007;9(3):197-206.

Sigel H. (2000). Metal Ions in Biological Systems: Volume 37: Manganese and Its Role in Biological Processes (1st ed.). CRC Press.

Si S, Mandal TK. Tryptophan-based peptides to synthesize gold and silver nanoparticles: A mechanistic and kinetic study. Chemistry - A European Journal. 2007;13(11):3160-8.

Kim J, Rheem Y, Yoo B, Chong Y, Bozhilov KN, Kim D, Sadowsky MJ, Hur HG, Myung NV. Peptide-mediated shape-and size-tunable synthesis of gold nanostructures. Acta Biomaterialia. 2010;6(7):2681-9.

Akça Y. 'Şebin' Persian Walnut. Acta Hortic. 2014;1050,139-142.

Akca Y, Ozongun S. Selection of late leafing, late flowering, laterally fruitful walnut (*Juglans regia*) types in Turkey. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2004;32(4):337-342.

Beyhan, O., GözIekçi, S., Gündoğdu, M., & Ercişli, S. (2016). Physico-Chemical and Antioxidant Characteristics in Fruits of Walnut (Juglans regia L.) Genotypes from Inner Anatolia. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 44(2), 586–592.

Ertürk U, Şisman T, Yerlikaya C, Ertürk O, Karadeniz T. Chemical Composition and Nutritive Value of Selected Walnuts (*Juglans Regia L.*) from Turkey. Acta Horticulturae, 2014;1050:231-234.

Vilas V, Philip D, Mathew J. Catalytically and biologically active silver nanoparticles synthesized using essential oil. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2014;132:743-50.

Kumar R, Sharma P, Bamal A, Negi S, Chaudhary S. A safe, efficient and environment friendly biosynthesis of silver nanoparticles using Leucaena leucocephala seed extract and its antioxidant, antimicrobial, antifungal activities and potential in sensing. 2017;6(5):449-59.

Melkamu WW, Bitew LT. Green synthesis of silver nanoparticles using Hagenia abyssinica (Bruce) J.F. Gmel plant leaf extract and their antibacterial and anti-oxidant activities. Heliyon. 2021 Nov 24;7(11):e08459.

Huq MA. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Pseudoduganella eburnea MAHUQ-39 and Their Antimicrobial Mechanisms Investigation against Drug Resistant Human Pathogens. Int J Mol Sci. 2020 Feb 22;21(4):1510.

Presentation ID / Sunum No: 109

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-2325-6191

Torpido Traversi Ana Taşıyıcı Yapısının Farklı Kesitlerde Modal Analiz Performansının İncelenmesi

Araştırmacı Esra Dönmez
Coşkunöz Metal Form

Özet: *Torpido traversi, kullanıldıkları her bir aracın stabilitesine ve güvenliğine belirleyici bir katkı sağlayan karmaşık bir parçadır. Aracın iç kısmında, darbe durumunda yolcu bölmesinin sıkışmamasını sağlarlar. Ayrıca, direksiyon kolonunu, hava yastıklarını ve tüm gösterge panelini de taşımaktadır. Ek olarak, titreşim kontrolü de torpido traversi tasarımında oldukça önemli bir etkendir. Bu sebeple tasarım sürecinde belirleyici olan faktör modal analiz çalışmasıdır. Bu çalışmada da, torpido traversi ana taşıyıcı boru profili tasarımında değişikliğe gidilerek ilk mod frekans değeri kıyaslanmış ve iyileşme olduğu ortaya konmuştur. Ek olarak da, boru profilde tasarım iyileştirmesi ile ağırlık avantajı ve boru profilde proses iyileştirmesi ile maliyet avantajı sağlanarak çalışma tamamlanmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Torpido Traversi, Modal Analiz, İlk Mod Frekans Değeri, Torpido Traversi Boru Profili, Boru Profil, Yüksek Frekans İndüksiyon Boru Kaynağı, Rollform Profil*

GİRİŞ ve KURAMSAL ÇERÇEVE

Torpido traversi, araçta gösterge panelinin omurgası olarak nitelendirilir. Direksiyon kolonunu ve hava yastıklarını da desteklemektedir. Darbe enerjisinin emilmesine, çarpışma durumunda direksiyon hareketini en aza indirmeye, direksiyonun gücünü ve kontrolünü sağlamaya, araç gövdesinin titreşimini azaltmaya yardımcı olur. Direksiyon kolonu sallanması, ön paneldeki veya orta konsoldaki ekran titremeleri aracın düşük kaliteli olarak algılanmasına yol açar. Titreşim kontrolü, torpido traversi tasarımında önemli bir unsurdur.

Bu esnada belirleyici bir ölçüt olarak torpido traversinin doğal frekans değeri devreye girmektedir. Doğal frekans, bir cismin sadece esnekliğine ve kütlesine bağlı olan, cismin o frekansta uyarılırsa yüksek genlikle ve sürekli olarak titreşeceği frekans değeridir. İlgili yapı kendi frekansında olan bir uyarıcı ile bir kere uyarıldıktan sonra uyarı kesilse dahi yapı titreşmeye devam eder, bu durum yapının makine olması durumunda arızalanmasına veya konstrüksiyonun çökmesine kadar varan sonuçlarla noktalanabilir. “Rezonans” adı verilen bu durumun kritikliğine 1940’larda rezonansa girerek yıkılan Tacoma Narrows Köprüsü örnek verilebilir.

Yapının doğal frekansı, üretimine başlamadan veya prototipi ortaya çıkarılmadan önce validasyon sürecinde hesaplanarak olası riskli durumların önüne geçilir. Doğal frekans değeri mühendislik yazılımları kullanılarak modal analizlerle sanal olarak hesaplanır. Modal analiz çıktısı, yapıların doğal frekans değerini, uygulanan enerjinin hangi frekansta absorbe edildiğini ve bu frekansta yapının aldığı şekli göstermektedir. Bu durumda tasarım optimize edilerek, rezonansa girme riski azaltılmakta ve üretilebilir konstrüksiyonlar ortaya çıkarılmaktadır.

Literatüre odaklanıldığında ise;

2017 yılında Bo Liu, Zhongcai Qiu, Qin Yang, Ke Wang ve Xianhe Wu tarafından gerçekleştirilen “Optimized Design of Aluminum Cross Car Beam (CCB) Based in Modal Strain Energy Analysis” adlı çalışmada çelik malzemeli torpido traversi tasarımı optimize edilerek alüminyum malzemeli ekstrüzyon profillere sahip torpido traversine dönüştürülmüştür. Tasarımdaki iyileştirmeyi bir adım ileri taşımak

adına torpido traversi borusu ikiye bölünerek kritik taraftaki boru çapı artırılmış ve iki boru profil arasına bağlayıcı bir halka yerleştirilmiştir. Çalışmalar sonucunda modal analiz sonuçlarına göre ilk dikey doğal frekans değeri ve ilk yatay doğal frekans değeri hedef değere ulaşmıştır. Bunların yanında, çelikten alüminyuma geçerek 4.4 kg ağırlık avantajı sağlanmıştır. (1)

2012 yılında Mesut Kaya, Fahrettin Öztürk, Selda Üçüncüoğlu, Gizem Oktay Seçgin, Özgür Duygulu ve Mustafa Mücahit Yenice tarafından gerçekleştirilen "Torpido Traversi Borusunun Az31 Sac Malzemeden Üretiminin İncelenmesi" adlı çalışmada AZ31 magnezyum alaşımı sac malzemeden ılık şekillendirme yöntemiyle iki parça olarak üretilmiş olan torpido traversi borusunun kaynakla birleştirilmesi incelenmiştir. Magnezyum saclar hem TIG hem de sürtünme karıştırma kaynağıyla başarılı bir şekilde birleştirilmiştir. Ayrıca, magnezyum alaşımı saclar üzerinde kaplama ve boya denemeleri, korozyon deneyleri ve çarpışma testleri uygulanmıştır. Çarpışma testleri sonucunda magnezyum alaşımının mevcut çelik malzemeye göre daha iyi enerji absorbe etme özelliğine sahip olduğu görülmüştür. (2)

AMAÇ

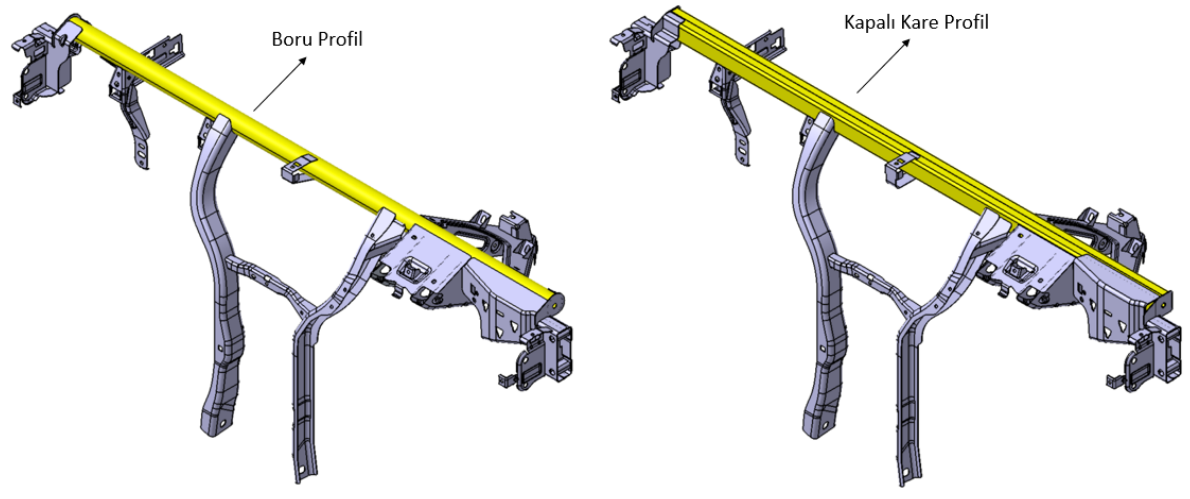
Torpido traversi borusu, yüksek frekanslı indüksiyon kaynağı ile üretilmektedir. Bu çalışmada amaç, torpido traversi ana taşıyıcı boru profil özelinde proses iyileştirmesi yapılarak, hem maliyetten hem de ağırlıktan avantaj sağlanması ve sonucunda doğal frekans değerinde bir miktar iyileştirme görülmesidir.

KAPSAM

Çalışma kapsamında, öncesinde literatür taraması ile torpido traversi borusuna uygulanan yüksek frekanslı indüksiyon kaynağı detaylıca araştırılmıştır. Sonrasında güncel tasarımdaki torpido traversi borusunun yerine rollform kapalı kare profil tasarımı gerçekleştirilerek iki farklı torpido traversi tasarımı ile çalışma ilerletilmiştir. Elde edilen iki farklı torpido traversine ayrı ayrı modal analiz çalışması yapılarak sonuçlar kıyaslanmış ve çalışma tamamlanmıştır.

YÖNTEM

Çalışmada güncel tasarımdaki torpido traversi ana taşıyıcı boru profil yerine rollform kesiti odağında kapalı kare profil ve tüm tasarım CATIA V5 R30 mühendislik yazılımı kullanılarak ürün geliştirmesi tamamlanmıştır. Tasarlanan torpido traversleri şu şekilde detaylandırılabilir:

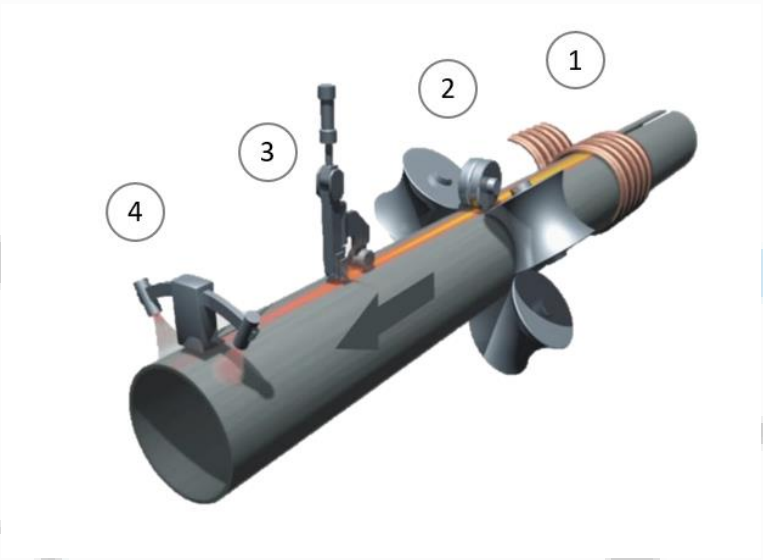


Şekil 1: Boru Profil & Kapalı Kare Profil İle Tasarlanan Torpido Traversi

Şekil 1'de tasarlanan torpido traversi ve boru & kapalı kare ana taşıyıcı profilleri görülmektedir. Boru profil içeren torpido traversi komplesi 5.9 kg, kapalı kare profil içeren torpido traversi komplesi 5.6 kg'dır. Tasarım aşamasında malzeme tanımı çelik olarak yapılmıştır. Torpido traversinin boru profili

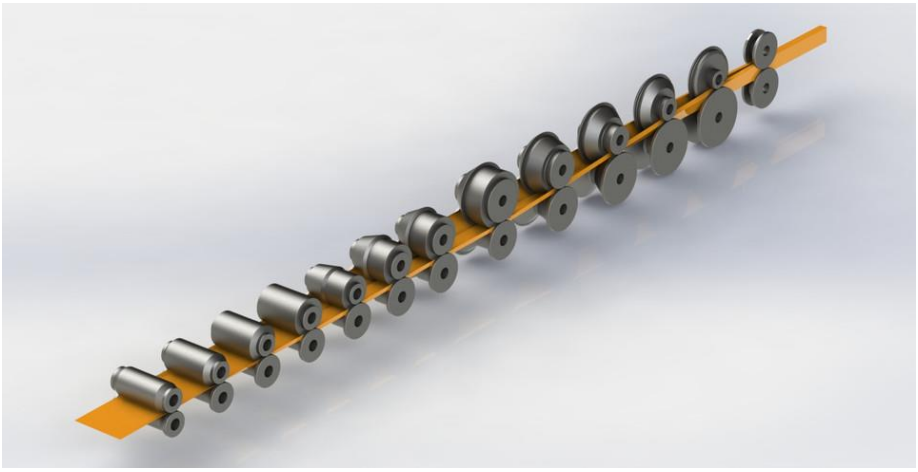
odağında bakıldığında boru kalınlığı 1.5 mm olarak, kapalı kare profil odağında bakıldığında 1 mm olarak tasarlanmıştır.

Torpido traversi boru profili üretim prosesinde, düz levha halinde gelen sacın merdaneler yardımıyla şekillendirilmeye başlandıktan sonra, levha halinden boru profil şekline dönmeye başladıkça, Şekil 2'de de görüldüğü gibi yüksek frekanslı akım indüksiyon bobininden geçirilerek bir numaralı aşamada olduğu gibi boru etrafında manyetik alan meydana getirilmektedir. Bu manyetik alan, parça üzerinde elektrik akımına neden olmaktadır. Parça yüzeyinden geçtikçe kenar kısımlarda, diğer bir deyişle birleşecek olan keskin kısımlarda elektrik akımına karşı oluşan direnç ısınmaya sebep olmaktadır. Bu sıcaklık malzemeyi eritecek sıcaklığa ulaşarak ve boru profil belirlenen yönde hareket ettirilerek şekil 2'de iki numaralı aşamada görüldüğü gibi, açık kenarların baskı merdaneleri yardımıyla alın alına baskı uygulanarak birleştirilmesi sağlanır. Isınmadan kaynaklı birleşme oldukça yukarıya doğru çapak meydana gelmektedir. Şekil 2'de üç numaralı aşamada, oluşan çapaklar kesilerek kaynak yüzeyi temizlenmektedir. Dört numaralı son aşamada ise soğutma sıvısı kaynaklanan bölgeye uygulanarak proses tamamlanmaktadır. Bu kaynak prosesinin tamamına yüksek frekans indüksiyon boru kaynağı adı verilmektedir. Torpido traversi boru profili bu dört ayrı aşamadan geçtikten sonra üretim prosesi tamamlanmakta ve üretimi için montaj aşamasına geçilebilmektedir.



Şekil 2: Boyuna Dikişli Boru Profil Üretim Prosesi (3)

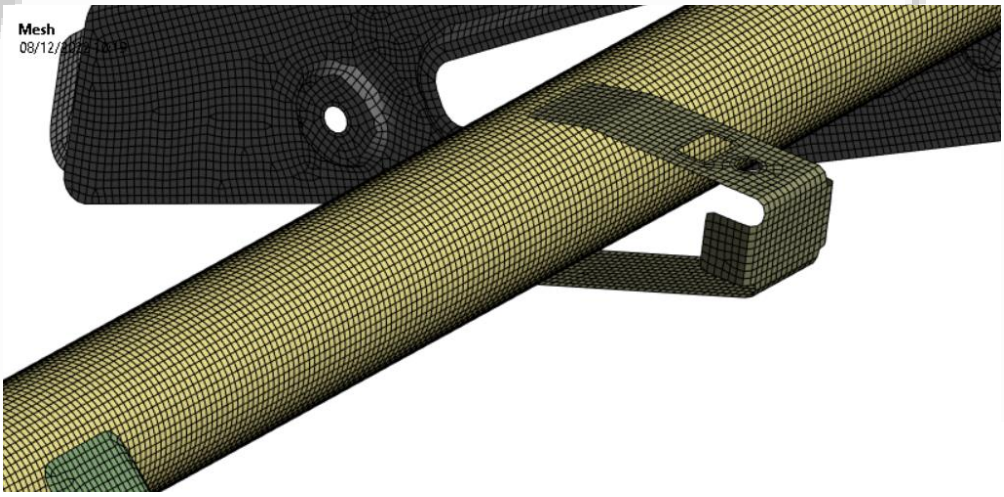
Torpido traversi kapalı kare profil üretimi, düz levha halinde gelen saca Şekil 3'de de görüldüğü gibi rollform prosesinin uygulanması ile başlamaktadır. Rollform prosesi, rulo haldeki sacın rulo açıcıda açıldıktan sonra şekillendirme kalıbı olarak da adlandırılan merdaneler ve standların arasından geçirilerek adım adım istenilen şekle sokulmasıdır. Burada düz levha halinde gelen sac kapalı kare profil haline getirilmektedir. Boru imalatındakinin tersine, rollform prosesinde kaynak olmayacaktır. Rollform sonrasında analiz ihtiyaçlarına göre belirli bölgelerde gazaltı kaynak prosesi ile birleştirilmektedir. Daha sonra üretim prosesi tamamlanmakta ve torpido traversi üretimi için montaj aşamasına geçilebilmektedir.



Şekil 3: Rollform Kapalı Kare Profil Üretim Prosesi (4)

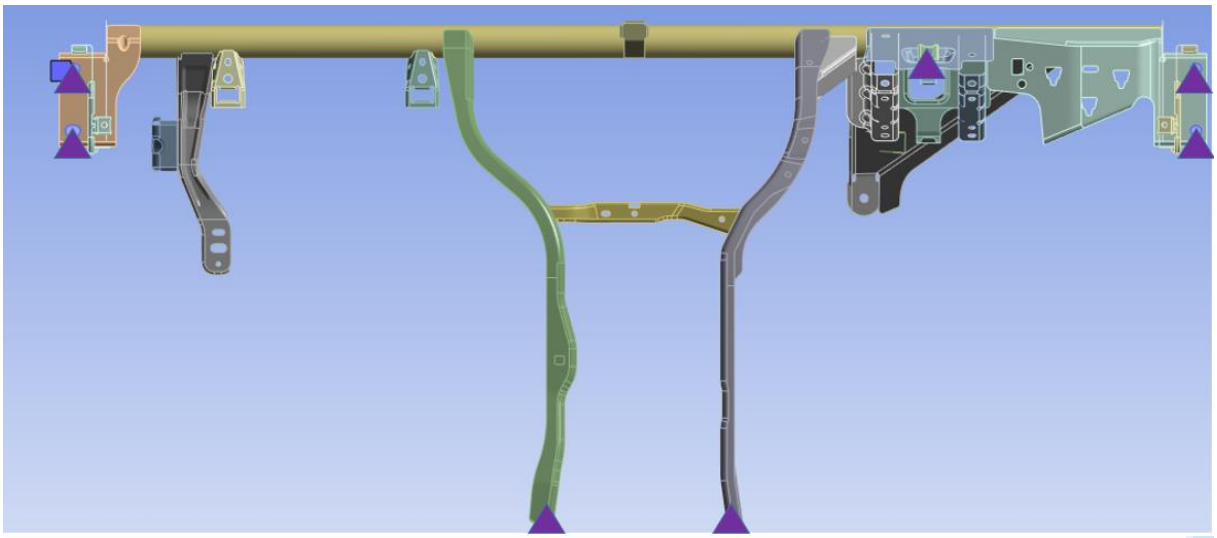
Torpido traversi tasarımları tamamlandıktan sonra ANSYS Mechanical mühendislik yazılımı aracılığı ile modal analiz çalışması tamamlanmıştır. ANSYS yazılımı kullanılarak tamamlanan analiz şu şekilde detaylandırılabilir:

ANSYS Mechanical yazılımının Workbench ara yüzünde, torpido traversi tasarımları ağ yapılarının (mesh) oluşturulması, sınır koşullarının tanımlanması, analizlerin çözdürülmesi ve sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır. Torpido traversi alt parça kalınlıklarının kendi içerisinde eşit olmasından kaynaklı torpido traversi modeli ara yüzey (midsurface) alınarak kabuk (shell) elemanlar üzerinden çözüm yapılmıştır. Şekil 4'de de görüldüğü gibi mümkün olduğunca "dörtgen" elemanlar kullanılarak ağ yapıları (mesh) oluşturulmuştur.



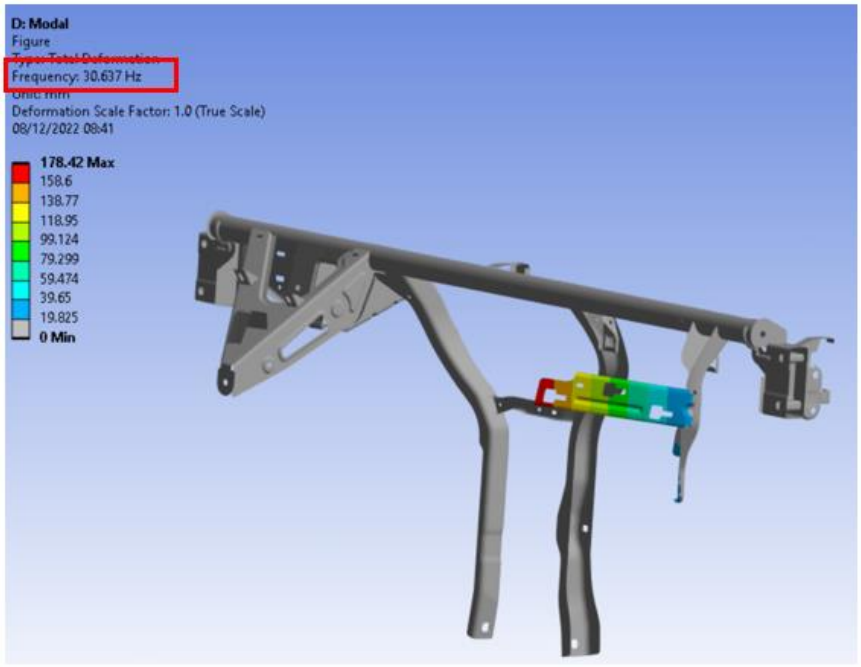
Şekil 4: Torpido Traversi Tasarımı Ağ Yapısı

Şekil 4'de her iki çözüm için torpido traversinin araca montaj yerleri mor üçgenlerle belirtilmiş olup her biri 6 serbestlik derecesinde (DOF) sabitlenmiştir. Parçalar arasındaki kaynak hatları "bonded contact" tipi olarak tanımlanmıştır. Torpido traversi modal analizleri tamamlandıktan sonra sonuçlar kıyaslanmıştır.



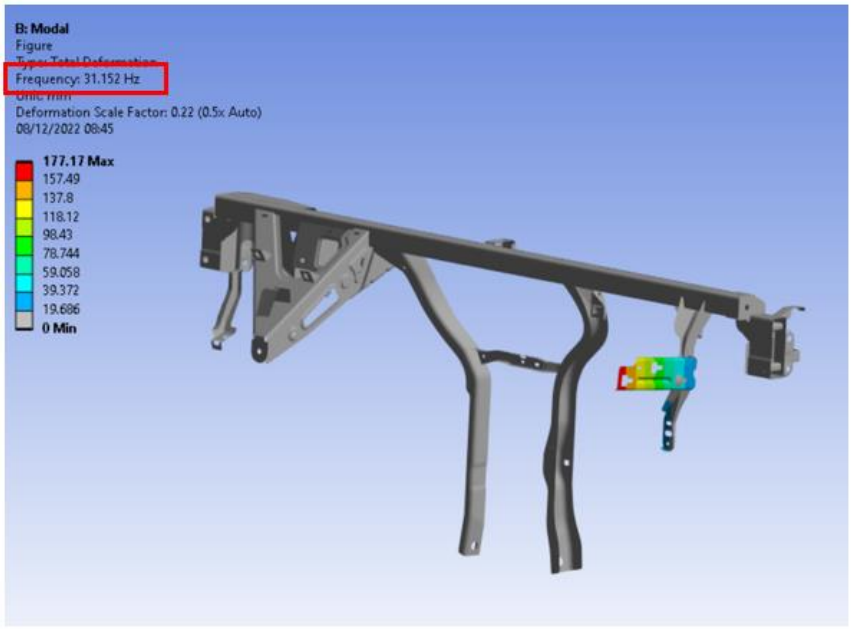
Şekil 5: Modal Analizde Montaj Yerleri Olarak Tanımlanan Bölgeler

BULGULAR



Şekil 6: Boru Profile Sahip Torpido Traversi Modal Analizi Sonucu

Şekil 1'de tasarım görseli yer alan boru profile sahip torpido traversi modal analizinin sonucunda ilk mod frekans değeri Şekil 5'de de olduğu gibi 30.637 Hz olarak görülmüştür.



Şekil 7: Kapalı Kare Profile Sahip Torpido Traversi Modal Analizi Sonucu

Şekil 1'de tasarım görseli yer alan kapalı kare profile sahip torpido traversi modal analizinin sonucunda ilk mod frekans değeri Şekil 6'da da olduğu gibi 31.152 Hz olarak görülmüştür.

SONUÇ

Çözüm Görseli	Malzeme	Üretim Yöntemleri	Montaj Ağırlığı (Kg)	Boru & Kapalı Kare Profil Ağırlıkları (Kg)	İlk Mod Frekans Değeri (Hz)	Hafifletme Oranı (%)
	Çelik	Yüksek Frekans İndüksiyon Boru Kaynağı	5.9156	Boru Profil 1.7724	30.637	
	Çelik	Rollform + Gazaltı Kaynağı	5.6262	Kapalı Kare Profil 1.4277	31.152	5

Tablo 1: Çalışmaya Konu Olan Torpido Traversi Tasarımlarının Ağırlık ve Frekans Değerleri

Tablo 1'de de görüldüğü gibi boru profile sahip torpido traversine kıyasla, kapalı kare profile sahip torpido traversinde %5 oranında ağırlık avantajı sağlanmıştır. Bunun yanında boru profile sahip torpido traversinde gelen 30.637 Hz değerindeki ilk mod frekans değeri üzerinde bir değer ile, sonuç 31.152 Hz olarak elde edilmiştir.

Elde edilen bu avantajların yanı sıra, geliştirilen kapalı kare profil ile proses anlamında da boru profile kıyasla hem maliyet hem de proses süresi anlamında avantaj sağlanmıştır. Bunun sebebi, yöntem kısmında da aktarıldığı gibi boru imalat sürecinin kapalı kare profil imalat sürecinden daha maliyetli olmasından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak geliştirilen kapalı kare profile sahip torpido traversi tasarımı, boru profile sahip torpido traversi tasarımına kıyasla; maliyet, ağırlık ve ilk mod frekans değeri çıktıları ile üstünlük gösterdiği görülmektedir.

KAYNAKÇA

(1)Bo Liu, Zhongcai Qiu, Qin Yang, Ke Wang ve Xianhe Wu (2017). Optimized Design of Aluminum Cross Car Beam (CCB) Based in Modal Strain Energy Analysis. *Trans Tech Publications.*

(2)Mesut Kaya, Fahrettin Öztürk, Selda Üçüncüoğlu, Gizem Oktay Seçgin, Özgür Duygulu ve Mustafa Mücahit Yenice (2012). Torpido Traversi Borusunun Az31 Sac Malzemeden Üretiminin İncelenmesi. *6. Otomotiv Teknolojileri Kongresi.*

İNTERNET KAYNAKLARI

(3) https://www.youtube.com/watch?v=ET2VrYPT2Os (E.T. 08.12.2022)

(4) https://grabcad.com/library/roll-forming-roller-set-of-door-profile-1 (E.T. 08.12.2022)

Presentation ID / Sunum No: 113

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-8570-5066

Düşey Deformasyonların Belirlenmesinde Gnss Gözlemlerinin Çeşitli Yöntem ve Tekniklere Göre Değerlendirilmesi

Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Nurullah Alkan
Hitit Üniversitesi

Özet: *Deformasyon ölçmeleri mühendislik yapılarının yanı sıra, özellikle tektonik çalışmalarda da başvurulan bir unsurdur. Bu amaçla yapılacak çalışmalar, hedef obje doğal ya da yapay hangi konu olursa olsun, o bölgeyi temsil edecek sayıda uygun aralıklarla jeodezik istasyonların tesis edilmesini ve periyodik aralıklarla ölçülmesini de içerir. Günümüzde yapılan bu tür araştırmalarda, doğruluğu yersel ölçme tekniklerine kıyasla aynı ya da ölçme teknik ve yöntemine bağlı olarak daha iyi olabilen Global Navigation Satellite System (GNSS) gözlemleri, maliyet ve performans da göz önüne alındığında, en sık kullanılan yöntemlerden birisidir. Bu teknik kullanılarak yapılan deformasyon çalışmaları genel olarak ~4 saat ya da daha uzun süreli statik GNSS oturumlarını içermekte olup, sonuçların doğruluğu çevresel koşullara, ölçme zamanına, kullanılan referans istasyonlarının zaman serilerine ve değerlendirme yöntemlerine göre de farklılık göstermektedir. Bu çalışma kapsamında düşey harekete bağlı olarak ortaya çıkan deformasyonların belirlenmesinde GNSS yönteminin performansı incelenecektir. Bu amaçla imalatı yapılan bir aparat aracılığıyla, aynı test noktası üzerinde simüle edilen yüksekliklerde farklı zaman aralıklarında GNSS gözlemleri yapılmıştır. Bu veriler test noktası çevresindeki yerel ve global ağ noktalarına bağlı olarak değerlendirilecek, kullanılan yöntem ve tekniklerin düşey deformasyonu tespit etmekte ne kadar başarılı olabileceği irdelenecektir.*

Anahtar Kelimeler: *Gnss, Düşey Deformasyon, Statik Ölçme*

Evaluation of Gnss Observations According to Various Methods and Techniques in Determining Vertical Deformations

Abstract*: Deformation measurements are used for investigating engineering structures, and especially in tectonic studies. Studies for this purpose also include the establishment of geodetic stations at appropriate intervals to represent the area, and their periodic measurements, regardless of whether the target object is natural or artificial. Global Navigation Satellite System (GNSS) observations, the accuracy of which can be the same or better depending on the measurement technique and method, compared to terrestrial measurement techniques, is one of the most frequently used methods in such studies today, considering the cost and performance. Deformation studies performed using this technique generally include static GNSS sessions of ~4 hours or longer, and the accuracy of the results also varies according to environmental conditions, measurement time, time series of reference stations used and evaluation methods. In this study, the performance of the GNSS method will be examined in determining the deformations that occur due to vertical movement. For this purpose, GNSS observations were made at different time intervals at simulated heights on the same test point by using an apparatus manufactured for this purpose. These data will be evaluated depending on the local and global network points around the test point, and how successful the methods and techniques used in detecting vertical deformation will be examined.*

Keywords: *Gnss, Vertical Deformation, Static Observation*

GİRİŞ

Yeryüzündeki tektonik blokların yanı sıra, insanlar tarafından inşa edilen olan köprü, baraj, yol, vb. mühendislik yapılarında zamanın bir fonksiyonu olarak yatayda ve düşeyde meydana gelen hareketler, söz konusu objenin bir kısmında ya da tamamında bozulmalara, yani deformasyonlara neden olmaktadır. Bu durum bu objenin bütünlüğünün zaman içerisinde kısmen ya da tamamen zarar görmesine de neden

olabilir. Özellikle insan hayatı söz konusu olduğunda ise, deformasyonların çeşitli periyotlarla ya da sürekli olarak takip edilmesi büyük önem taşır. Bu amaçla deformasyon konusu bölgeyi temsil edecek sayıda noktadan oluşan lokal ya da global ağlar ile bağlantılı bir yerel jeodezik ağ kurulur ve bu ağdaki istasyonlar beklenen veya oluşan deformasyon zaman aralıklarına göre çeşitli yöntem ve tekniklerle en az 2 veya daha fazla kez ölçülür. Ölçme verileri de amaca uygun istatistik testlerle değerlendirilerek ortaya çıkan deformasyonun anlamlı olup olmadığı tespit edilmeye çalışılır (Aydın 2012, Gökalp&Taşçı 2013, Aydın vd. 2018).

Modern ölçme teknikleri içerisinde, özellikle deformasyon çalışmalarında en sık başvurulan yöntemlerden biri de GNSS (Global Navigation Satellite System) olarak ortaya çıkmaktadır. GNSS çok sayıda ülke tarafından oluşturulan bir konum belirleme sistemdir ve jeodezik tip alıcılarla yapılan ölçmelerin değerlendirilmesi ile olası ya da gerçekleşmiş olan deformasyonların yüksek doğrulukla tespiti de mümkün olmaktadır. GNSS ile ölçme yöntemleri birden fazla olup, genel olarak bölgesel deformasyon çalışmalarında tesis edilen referans ve obje noktalarında uzun süreli gözlemleri gerektirir. Bu sayede gerek kampanya tipi, gerekse de sabit istasyonlarda yapılan gözlemler ile bölgeye ait kesikli-sürekli zaman serilerinin elde edilmesi ve değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir (Yavaşoğlu et al. 2015, Aladoğan vd. 2017) (Şekil 1).



Şekil 1. Bir barajdaki deformasyon ölçmeleri için hedef objeyi temsil edecek şekilde tesis edilen referans ve obje noktaları (Köse 2018). N1-N8 referans noktaları (beyaz) genel olarak deformasyonun etki alanının dışında kalacak bölgelerde, obje noktaları (yeşil) ise deformasyon beklenen bölge boyunca tesis edilirler. İstasyonlar üzerinde yapılan GNSS gözlemlerinin global datum bağlantısını sağlayabilmek için de sürekli gözlem yapan nokta verileri (lokal, bölgesel ya da global) kullanılabilir.

GNSS ile yapılan bu tip gözlemlerde, genel olarak ölçme süresi 4 saatten fazla süren statik ölçme yöntemi sıkça kullanılmaktadır. Bu yöntemin tercih edilmesinin temel sebepleri arasında, noktaların birbirlerini görme zorunluluğunun olmaması ve bu yöntemin çok uzun bazlarda da (>15 km) yüksek doğruluk sağlaması olarak öne çıkmaktadır. Rölatif bir konum belirleme yöntemi olan statik GNSS gözlemleri ile elde edilen verilerden konum verisi ve bölgeye özgü hız alanının hesaplanabilmesi için ise mutlaka post-proses (ofis çalışması) gereklidir. Bu amaçla çok sayıda ticari ve akademik yazılım ile (Leica Infinity, GAMIT/GLOBK, vb.) çevrimiçi servisler de (PPP) tercih edilmektedir (Kahveci ve Yıldız 2009, URL-1, Guo 2015, Herring et al. 2015a, 2015b). Belirli periyotlarla tekrarlanan gözlemlerden elde edilen hız alanı verileri çeşitli istatistik testlere tabi tutularak deformasyonların kestirimine ve söz konusu objenin yatayda ya da düşeyde bütünlüğünü bozacak bir oranda gerçekleşip gerçekleşmediğine bakılmaktadır (Yavaşoğlu et al. 2017).

Bu çalışmada, geliştirilen aparatlar ile bir test noktası üzerinde statik gözlemler yapılmıştır. Aparat ile GNSS anteninin bulunduğu noktada yüksekliği tam olarak bilinen yapay deformasyonlar oluşturulmuş ve her bir yükseklik değişiminden sonra ayrı ayrı veri toplanmıştır. Bu aşamada elde edilen verilerin değerlendirme aşamaları ve beklenen sonuçlarla ilgili bilgi verilecektir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, imal edilen aparatlar yardımıyla daha önceden belirlenen bir test noktası üzerine kurulan sabit GNSS anteninin yüksekliği birer kademe artırılırken, her bir kademe için 24 saat boyunca tekrarlı statik ölçme yapılmıştır. Ölçmeler sırasında ilk olarak simülasyon olmaksızın 1 günlük GNSS gözlemleri yapılmış ve bu veriler nokta yüksekliği için baz yükseklik olarak kabul edilmiştir. Ardından aparatlar yardımıyla GNSS anteni sırasıyla 0,5 - 1,7 - 2,3 - 3,2 ve 4,3 cm olarak yukarı yönde hareket ettirilmiş ve her bir değişiklik sonrası en az 24 saatlik GNSS gözlemleri yapılmıştır. Her bir güne ait elde edilen ham veriler öncelikle RINEX (Receiver Independent Exchange format) formatına çevrilmiş ve baz ölçme günü hariç diğer her bir ölçme günü Teqc yazılımıyla 3, 6, 9, 12 ve 24 saatlik veri gözlem dosyalarına bölünmüştür (Estey&Meerteens 1999, URL-2). Verilerin bu şekilde değerlendirilmesi sırasında çok sayıda zaman aralığı kombinasyonu ortaya çıkacaktır. Ancak çevresel etkilerin en aza indirilebilmesi amacıyla, bu veriler her bir kademede yapılan ölçme günleri için aynı saatlerini kapsayacak şekilde bölünmüş ve başlangıç saati olarak 00:00 seçilmiştir.

Bu aşamadan sonra, bu şekilde düzenlenen RINEX dosyaları değerlendirilecek ve bunların istatistiksel olarak karşılaştırmalı sonuçları ile simüle edilen deformasyonun tespiti için en iyi teknik ve test yöntemi ile belirlenmeye çalışılacaktır.

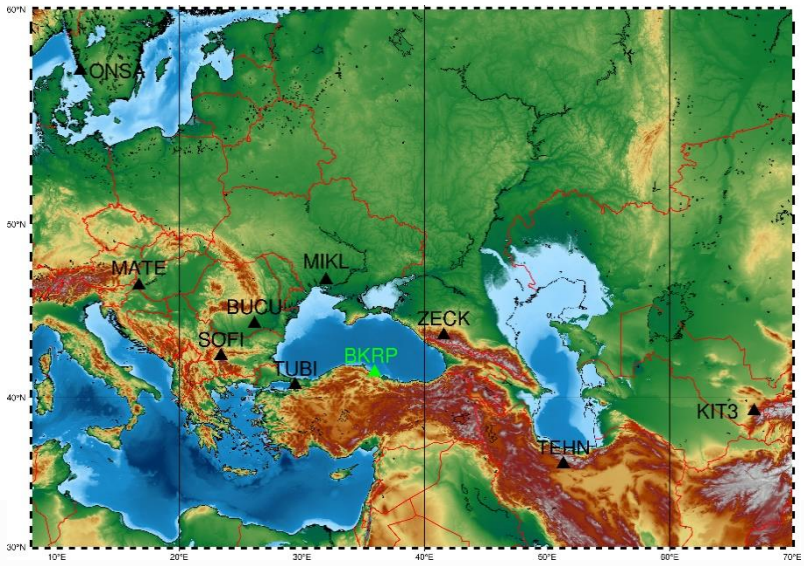
2.1. Global ağ noktalarına bağlı çözümleme

International GNSS Service (IGS), global olarak yeryüzüne dağılmış 500'den fazla istasyondan oluşan ve uzun süreden bu yana sürekli olarak GNSS verilerini toplayan bir ağ servisidir. IGS istasyon verileri ile Uluslararası Yeryüzü Referans Sisteminin (ITRF) oluşturulması, global bazda tektonik blok hareketleri ve deformasyonların tespit edilmesi, atmosferin farklı tabakalarının incelenmesi gibi farklı hizmetler de sunulmaktadır (URL-3). Ayrıca istasyonlara ait günlük GNSS gözlem verileri de erişime açıktır, kullanıcılar bu verileri manuel ya da çeşitli yazılımların ara yüzleri sayesinde otomatik olarak indirebilmektedir (URL-2).

Test noktası üzerinde yapılan her bir simülasyonda oluşturulan gözlem grubu için ilk aşamada IGS istasyonlarından uzun süreden beri ölçme yapılan, tekrarlılık verilerinde stabilizasyonu yüksek olarak tespit edilen ve yine test noktası civarındaki istasyonlara ait veriler kullanılacaktır. Global bir servis olduğundan, baz uzunlukları ile ilgili herhangi bir limit parametresi öngörülmemektedir (Tablo 1) (Şekil 2).

Tablo 1. Test noktası verilerinin değerlendirilmesinde kullanılması planlanan ve sürekli gözlem yapan IGS istasyonların konumu ve kodları (URL-3).

İSTASYON KODU	ENLEM (°)	BOYLAM (°)	ÜLKE
KIT3	39.13477	66.88545	Özbekistan
TEHN	35.69728	51.3341	İran
ZECK	43.78839	41.56507	Rusya federasyonu
MIKL	46.97279	31.97285	Ukrayna
TUBI	40.78673	29.45069	Türkiye
BUCU	44.46395	26.12575	Romanya
SOFI	42.5561	23.39474	Bulgaristan
MATE	40.64913	16.70446	İtalya
ONSA	57.3953	11.92552	İsviçre



Şekil 2. IGS prosesinde kullanılması planlanan istasyonların konumu (Wessel et al. 2019). Bu noktalar siyah ile, çalışmanın yapıldığı test noktası da BKRP koduyla yeşil renkte gösterilmiştir.

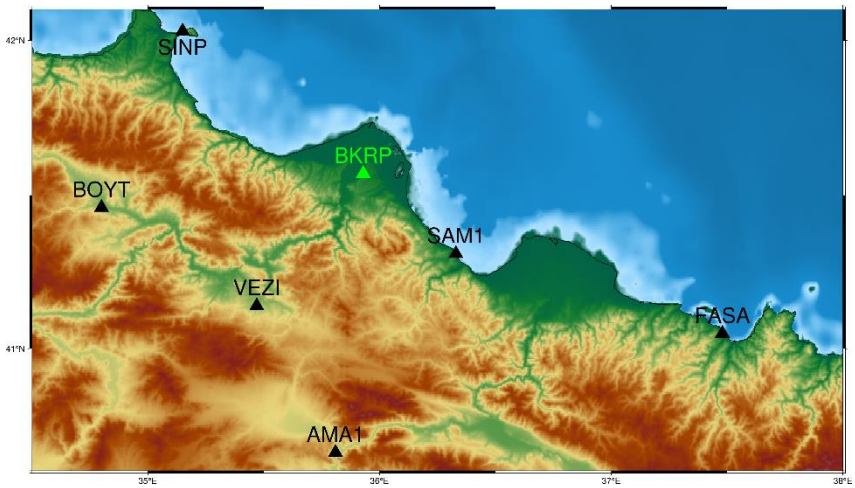
Verilerin değerlendirilmesi için ise GAMIT/GLOBK yazılımının kullanılması planlanmaktadır. Bu sayede IGS istasyonlarına ait verilerin otomatik olarak indirilip değerlendirilmesi mümkündür. İlave olarak değerlendirme sırasında Global Positioning System (GPS) uydularına ait sonuç yörünge (final efemeris) verileri de değerlendirmeye dâhil edilecektir ancak bu verilerin çevrimiçi olarak yayınlanması için ölçme bitiş tarihinden itibaren >14 günlük bir süre gerekmektedir (Herring et al. 2015a, 2015b, Kahveci ve Yıldız 2009).

2.2. Global ve yerel ağ noktalarına göre beraber çözümleme

IGS ağlarına benzer şekilde, ülkemizde de sürekli gözlem yapan istasyonlardan oluşan bölgesel ve lokal GNSS ağları da bulunmaktadır. Kullanıcılar tarafından en fazla tercih edilen ağ ise Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı – Aktif (TUSAGA-AKTİF)'tir. Bu ağ 2009 yılında çalışmaya başlamış olup, kullanıcılar herhangi bir sabit istasyona gerek olmaksızın gerçek zamanlı ve yüksek doğrulukta 3 boyutlu konum verisi elde edebilmekte ve yapılan ölçmeler global ağlara uyumluluk sağlayacak standartlara sahip olmaktadır. Ağ üzerindeki noktalar sürekli gözlem yapmakta, bu durum sistem kullanıcılarının post-proses gerektiren ölçmeler için ağdaki istasyonlara ait günlük RINEX verilerine ulaşma imkanını da sunmaktadır. Kullanıcıların sabit GNSS nokta ihtiyacını ortadan kaldırarak TUSAGA-AKTİF verilerinin sıklıkla bilimsel çalışmalarda da kullanılabilmesini de sağlamaktadır (Kahveci 2017, URL-4). Bu çalışmada kullanılacak olan TUSAGA-AKTİF istasyonlarının konumları test noktası civarında seçilmiştir. Bu amaçla oluşturulan bazların ve üçgenlerin dışında kalan noktaların proses dışında bırakılması da planlanmaktadır (Tablo 2) (Şekil 3).

Tablo 2. Global ve bölgesel ağların beraber değerlendirilmesi sırasında kullanılacak olan TUSAGA-AKTİF istasyonlarının konumu ve kodları (URL-4).

İSTASYON KODU	ENLEM (°)	BOYLAM (°)	ŞEHİR
AMA1	40.66	35.81	Amasya
BOYT	41.46	34.80	Boyabat
FASA	41.05	37.48	Fatsa
KSTM	41.37	33.78	Kastamonu
SAM1	41.31	36.33	Samsun
SINP	42.03	35.15	Sinop
VEZI	41.14	35.47	Vezirköprü



Şekil 3. Global ve bölgesel ağların birlikte yapılacak olan prosesinde kullanılması planlanan TUSAGA-AKTİF istasyonların konumları (Wessel et al. 2019). IGS istasyonlarına ait veriler daha önce verilmiştir (Tablo 1 ve Şekil 2). TUSAGA-AKTİF istasyonları ve kodları siyah ile, çalışmanın yapıldığı test noktası da BKRP koduyla yeşil renkte gösterilmiştir.

Test noktası üzerinde yapılan GNSS gözlemleri, bu aşamada IGS ve TUSAGA-AKTİF istasyonlarından oluşturulan ağdaki verilerle, birlikte değerlendirilecektir. IGS istasyonlarından farklı olarak, bu ağdaki noktalar ile BKRP istasyonu arasındaki baz uzunlukları çok daha kısadır. Birinci değerlendirme yönteminden farklı olarak bu bazların konum verisine olan etkisi de araştırılacaktır. Çalışmanın bu aşamasında, yine ilk aşamada olduğu gibi GAMIT/GLOBK yazılımının kullanılması planlanmaktadır.

BEKLENEN SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında bir test noktası için belirlenen yüksekliklerde yapay simülasyonlar oluşturulmuş ve hem noktanın orijinal pozisyonunda, hem de her bir simülasyon sonrası en az 24 saatlik GNSS gözlemleri yapılmıştır. Ham veriler öncelikle RINEX formatına çevrilmiş ve her bir güne ait veriler Teqc yazılımıyla 3, 6, 9, 12 ve 24 saatlik gözlem dosyalarına dönüştürülmüştür. Oluşturulan her bir zaman aralığı için veriler 2 farklı varsayım ve yönteme göre değerlendirilecek, her bir simülasyon için bu gözlem dosyaları öncelikle sadece IGS istasyonlarına göre, ardından da IGS ve TUSAGA-AKTİF istasyonlarından oluşturulan hibrit ağa göre değerlendirilecektir.

Çalışmanın son aşamasında 2.kısımda bahsedilen ölçme yöntemlerinin performanslarının belirli testler ve güven aralıklarına göre kıyaslanmasıyla, özellikle düşey deformasyon belirleme çalışmaları için uygun yaklaşımın belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu sayede, global ve bölgesel ağların hibrit olarak kullanılmasının deformasyon ölçmelerinin düşey bileşenindeki değişimlere verdiği tepkilerin, sadece global noktalardan oluşan ağa göre farklılıklarının ortaya konması amaçlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Aladogan K, Tiryakioğlu I, Yavaşoglu H, Alkan RM, Alkan MN, Köse Z, İlçi V, Ozulu İM, Tombuş FE, Şahin M. (2017). Kuzey Anadolu FayıBolu-Çorum Segmenti Boyunca Yer Kabugu Hareketlerinin GNSS Yöntemiyle İzlenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17, 997–1003, https://doi.org/10.5578/fmbd.60762.

Aydin, C. (2012). Power of global test in deformation analysis, Journal of Surveying Engineering, 138(2), 51–56.

Aydın C, Aykut NO, Akpınar B. (2018). GNSS-PPP ile Elde Edilen Düşey Yerdeğiştirmenin Doğruluğu, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18, 605-615, DOI:10.5578/fmbd.67452.

Estey LH, Meertens CM. (1999). TEQC: The Multi-Purpose Toolkit for GPS/GLONASS Data.GPS Solutions (pub. by John Wiley & Sons), Vol. 3, No. 1, pp. 42-49, https://doi.org/10.1007/PL00012778.

Guo, Q. (2015). Precision comparison and analysis of four online free PPP services in static positioning and tropospheric delay estimation, GPS Solutions, 19, 537–544 (2015). https://doi.org/10.1007/s10291-014-0413-5.

Gökalp E & Taşçı L. (2009). Deformation Monitoring by GPS at Embankment Dams and Deformation Analysis, Survey Review, 41:311, 86-102, DOI:10.1179/003962608X390021

Herring, T., King, R. W., Floyd, M. A., and McClusky, S. C.: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program, Department of Earth Atmospheric, And Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, 2015a.

Herring, T., King, R. W., Floyd, M. A., and McClusky, S. C.: Introduction to GAMIT/GLOBK, Department of Earth, Atmospheric, And Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, 2015b.

Kahveci M, Yıldız F. GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori ve Uygulama. 4.Baskı. Ankara: Nobel Yayınevi, 2009.

Kahveci M. Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları. 2.Baskı. Ankara: Nobel Yayınevi, 2017.

Köse Z. Obruk Barajindaki Düşey Deformasyonlarin Hassas Nivelman Yöntemi İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017, Afyon Karahisar.

Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F., & Tian, D. (2019). The Generic Mapping Tools version 6. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 20, 5556–5564. https://doi.org/10.1029/2019GC008515.

Yavaşoğlu H, Alkan MN, Ozulu İM, İlçi V, Tombuş FE, Aladoğan K, Şahin M, Tiryakioğlu İ, Kıvrak SO. (2015). Recent Tectonic Features of the Central Part (Bolu-Corum) of the North Anatolian Fault. Hittite Journal of Science and Engineering, 2 (1): 77-83.

Yavaşoğlu HH, Kalkan Y, Tiryakioğlu İ, Yigit CO, Özbey V, Alkan MN, Bilgi S. (2017). Monitoring the deformation and strain analysis on the Ataturk Dam, Turkey. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 9:1, 94-107. DOI: 10.1080/19475705.2017.1411400.

URL-1:https://leica-geosystems.com/id-id/products/gnss-systems/software/leica-infinity?redir=w195 Son erişim: 04/11/2022.

URL-2: https://igs.org/wg/rinex/. Son erişim 05/11/2022.

URL-3: https://igs.org/. Son erişim: 05/11/2022.

URL-4: https://www.tusaga-aktif.gov.tr/. Son erişim: 09/11/2022.

Presentation ID / Sunum No: 114

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-8570-5066

Kapalı Mekânlarda Konum Bulma İçin Akıllı Telefon Verilerinin Kullanılması

Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Nurullah Alkan
Hitit Üniversitesi

Özet: *Global Navigation Satellite System (GNSS) çok sayıda uydudan oluşan bir yapıya sahip olup, konum belirleme ve navigasyon gibi amaçlara sıkça kullanılmakta olan küresel bir standart haline gelmiştir. Bu amaçla, uygun ekipmana sahip herhangi bir kullanıcı, uydulardan gelen verilerin değerlendirilmesi ile cm-m mertebesinde doğrulukta 3 boyutlu konum verisine sahip olabilmektedir. Ancak bu sistemin en büyük dezavantajı GNSS alıcılarının açık gökyüzünü görebilecek bir mekânda olması zorunluluğudur. Bunun temel sebebi ise uydu sinyallerinin yeryüzündeki katı objelerin içinden geçememesidir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek ve kapalı mekânlarda konum verisi üretilebilmesi için Wi-Fi, Bluetooth, Infrared, vb. çok sayıda elektromanyetik veri işlemesine dayalı yöntem ve teknik ortaya çıkmıştır. Ancak bunların içerisinde, GNSS gibi bir standart oluşturabilecek temel bir çözüm henüz mevcut değildir. Ayrıca farklı tekniklerle elde edilen konum doğruluğu yapının içindeki çevresel koşullara da sıkı sıkıya bağlıdır. Bu çalışmada, kapalı mekânlarda konum bulma amacıyla kullanılan yöntemlerden birisi olan Kaba Kumpas Hesabı (Pedestrian Dead Reckoning, PDR) yöntemi incelenmektedir. Bu yöntemin avantaj ve dezavantajları değerlendirilerek, örnek bir test sahasında verilerin nasıl toplandığı açıklanacak ve bundan sonra verilerin nasıl değerlendirileceği ve hangi sonuçlara ulaşılmasının beklendiği irdelenecektir.*

Anahtar Kelimeler: *Kapalı Mekanlarda Konum Bulma, Gnss, Pdr*

Indoor Posıtıonıng Usıng Smartphone Data

Abstract*: The Global Navigation Satellite System (GNSS) has a structure consisting of many satellites and has become a global standard that is frequently used for positioning and navigation. For this purpose, any user with the appropriate equipment can have 3D position data with an accuracy of cm-m by evaluating the data from the satellites. However, the biggest disadvantage of this system is that GNSS receivers must operate under the open sky. The main reason for this is that satellite signals cannot pass through solid objects on the earth. To overcome this problem and to produce location data indoors, Wi-Fi, Bluetooth, Infrared, etc. many methods and techniques based on electromagnetic data processing have emerged. However, among them, a basic solution that can create a standard such as GNSS does not exist yet. In addition, the position accuracy obtained with different techniques is closely dependent on the environmental conditions inside the building. In this study, Pedestrian Dead Reckoning (PDR) method, which is one of the methods used for location estimation indoors, is examined. By evaluating the advantages and disadvantages of this method, it is explained how the data are collected in a sample test area, and then how the data will be evaluated and what results are expected to be achieved will be discussed.*

Keywords: *Positioning İndoors, Gnss, Pdr*

GİRİŞ

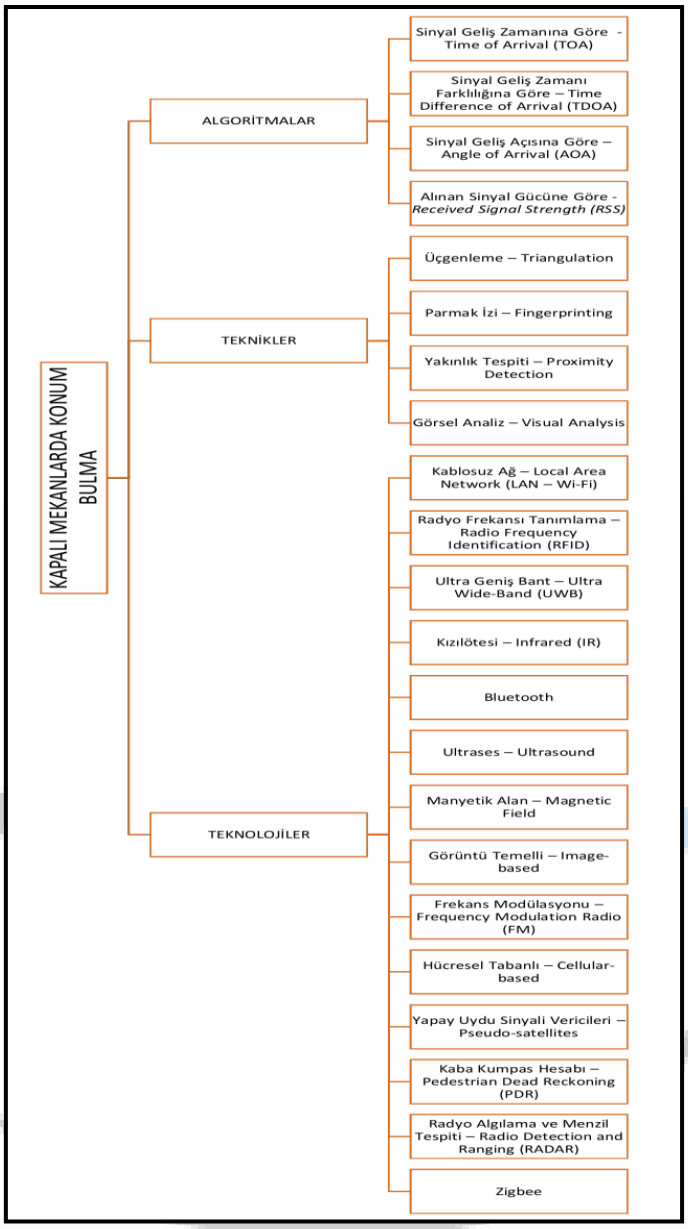
Global Navigation Satellite System (GNSS) çok sayıda ülkenin altyapısını oluşturduğu bir konum belirleme çözümü olarak dünyada bir standart haline gelmiştir (Farid et al. 2013). Herhangi bir kullanıcı açık gökyüzünü gören yerlerde düşük maliyetli GNSS çözümlerini kullanarak 3 boyutlu konum verisi elde edebilmektedir. Kullanılan alıcının teknik özellikleri ve ölçme yöntemi ile doğrudan ilintili olmakla beraber, özellikle jeodezik GNSS alıcılarında mm-cm mertebesinde konum doğruluğundan söz edilebilir. Bu amaçla elde edilen veriler deformasyon çalışmalarında da kullanılmaktadır (Gu et al. 2009,

Yavaşoğlu et al. 2011, Al-Ammar et al. 2014, Özdemir vd. 2014, Kriz et al. 2016, Mendoza-Silva et al. 2019). Günümüzde diğer cihazlarda, özellikle de akıllı telefonlarda yer alan GNSS çözümleri ise birkaç metre doğruluk sağlayabilmektedir. Bu durum ise bu türden cihazların navigasyon, yönlendirme, arama-kurtarma gibi eylemlerde kullanılması için yeterlidir (Gu et al. 2009, Farid et al. 2013, Al-Ammar et al. 2014, Aykut et al. 2015).

GNSS çözümlerinin en büyük dezavantajı, bu sistemlerin kapalı mekânlarda çalışmamasıdır. Bunun temel sebebi ise uydu sinyallerinin katı objelerden geçememesi ya da yer altına nüfuz edememesidir (Bras et al. 2012, Al-Ammar et al. 2014, Diaz 2015, Din et al. 2018, Mendoza-Silva et al. 2019). Buna bağlı olarak, yani kapalı mekânlarda konum belirleme amacıyla GNSS gibi standart bir çözüm bulunmamasından dolayı çok sayıda yöntem ve teknik de geliştirilmiştir (Al-Ammar et al. 2014, Din et al. 2018, Mendoza-Silva et al. 2019). Ayrıca, insanların günümüz koşullarında kapalı mekânlarda daha fazla zaman geçirdiği açıktır. Bu durum özellikle yangın ve deprem gibi acil durumlarda ilk müdahale ekiplerinin yapı içlerinde yönlendirilmesi amacıyla uygun bir konum belirleme yönteminin kullanılmasını da gerektirebilmektedir (Gu et al. 2009, Farid et al. 2013, Ruiz et al. 2013, Al-Ammar et al.2014, Din et al. 2018, Mendoza-Silva et al. 2019, Zhou et al. 2019).

Literatürde sunulan kapalı mekânlarda konum bulma çözümlerinin farklı altyapı gereksinimleri ve son kullanıcıya sunabildikleri doğruluk kriterleri mevcuttur. Bu çözümlerin tamamı "Kapalı Mekânlarda Konumlandırma Sistemleri" (Indoor Positioning Systems, IPS) olarak tanımlanmaktadır ve genel olarak kullanıcıların konum verilerinin gerçek zamanlı olarak hesaplanmasına odaklanmaktadırlar (Al-Ammar et al. 2014, Din et al. 2018).

Kapalı mekânlar için farklı konum belirleme yöntemlerinin ortaya çıkmasında, özellikle iç alanların karmaşık ve dinamik yapıları nedeniyle sinyal yansıma ya da engelleme özelliklerinin büyük bir etkisinin olduğu söylenebilir (Gu et al. 2009, Farid et al. 2013, Al-Ammar et al. 2014, Din et al. 2018, Mendoza-Silva et al. 2019, Perez-Solana et al. 2020). Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde de, bu sorunların üstesinden gelebilmek için bazı durumlarda mekân içi çift yönlü veri transferine imkân sunan ilave ekipmanların kullanılması ya da mevcut bir cihaz içerisindeki sensörlerin çevre şartlarından bağımsız olarak değerlendirme yapması gibi tercihler mevcuttur (Ruiz et al. 2013, Diaz 2015, Kriz et al. 2016, Din et al. 2018). Konum belirme için tercih edilen yöntem ne olursa olsun, bunlar literatürde teknik, algoritma ve teknoloji başlıkları altında ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada söz konusu yöntemin sunabileceği en yüksek konum duyarlılığı da göz önüne alınmaktadır. Ayrıca sinyal işleme yöntemi, mekân içi kurulan ilave donanım ya da aparatlar ile kaba kumpas hesabı gibi bazı tekniklerde cihazların iç sensörlerinin kullanılması söz konusu olabilmektedir (Gu et al. 2009, Torres-Solis et al. 2010, Rainer 2012, Al-Ammar et al. 2014, Din et al. 2018, Seco&Jimenez 2018, Mendoza-Silva et al. 2019, Pouluse&Han 2019, Roy et al. 2019) (Şekil 1).



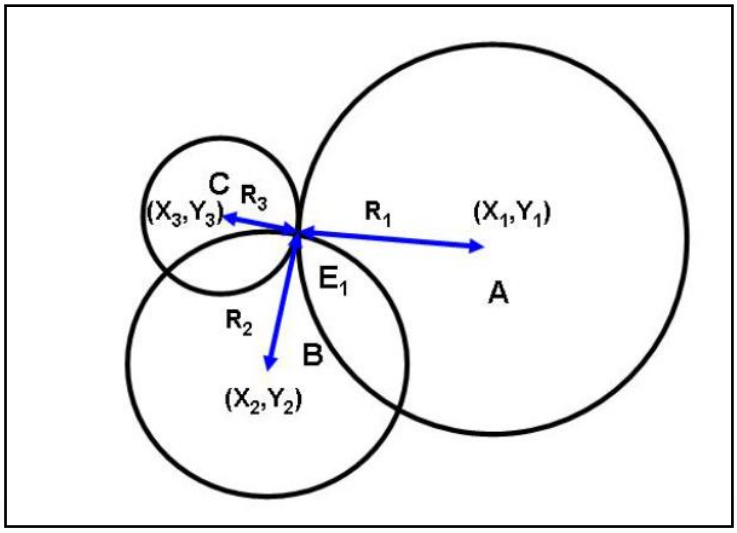
Şekil 1. Kapalı mekânlarda konum bulma amaçlı kullanılan algoritma, teknik ve teknolojiler.

Kapalı mekânlarda konum bulma amaçlı kullanılan algoritmalar

Bu tür konum bulma işlemlerinde, mekân içinde tesis edilen bir altyapıdan gelen elektromanyetik sinyallerin değerlendirilmesi söz konusudur. Bu sinyallerin alıcı cihaza geliş zamanı, geliş zamanı farklılıkları, geliş açısı ya da tespit edilen sinyal gücü kullanılarak konum tespiti yapılabilir. Bu tür hesaplamalarda mekân içerisindeki altyapıya ilişkin bazı verilerin (sinyal gönderici/göndericilerin 2 ya da 3 boyutlu konumu, vb.) önceden belirlenmesi gereklidir (Gu et al. 2009, Al-Ammar et al. 2014, Mendoza-Silva et al. 2019).

Kapalı mekânlarda konum bulma amaçlı kullanılan teknikler

Alıcı konumunun belirlenebilmesi için sinyal dağılımına bağlı olarak üçgenin geometrik özelliklerinden de faydalanılabilir. Bunun için üçgenlerin kesişim noktalarının mesafelerinin tespiti (üçgenleme - triangulation) ya da elektromanyetik sinyallerin geliş açısının hesaplanması gereklidir (açıya göre kestirim – angulation) (Torres-Solis et al. 2010, Al-Ammar et al. 2014, Din et al. 2018) (Şekil 2).



Şekil 2. Konumu önceden bilinen 3 noktaya göre (verici, vb.) kullanıcı konum tespiti (Gu et al. 2009). Alıcının 2 boyutlu konum verisinin hesaplanması için açı ya da mesafe ölçmeleri yapılabilir. Mavi oklar bu türden ölçmeleri temsil etmekte olup, kesişim bölgesinde ise alıcı bulunmaktadır.

Kapalı mekânlarda konum bulma amaçlı kullanılan teknolojiler

Bu aşamada, kapalı mekânlarda kullanılan teknolojiler, algoritma ve teknik temelinde farklılık göstermektedir. Ayrıca elde edilebilen konum verisinin doğruluğu yeterli düzeyde olabilmekte, hatta kapalı yapının tamamı için de uygulanabilmektedir. Ancak uygulama konusunda maliyet, uygulama, ilave ekipman kullanılması, veri toplama aşaması ve konum bilgisi hatasının ölçme süresi içerisinde birikerek artması gibi bazı sınırlamalar söz konusu olmaktadır (Alzantot&Youssef 2012, Mendoza-Silva et al. 2019) (Tablo 1).

Tablo 1. Kapalı mekânlarda konum bulma ile ilgili olarak en çok kullanılan teknolojilerin dayandığı genel prensipler ve elde edilebilen teorik konum doğrulukları (Gu et al. 2009, Rainer 2012, Farid et al. 2013, Mendoza-Silva et al. 2019, Ning&Chen 2020).

TEKNOLOJİ	KULLANILAN GENEL PRENSİP	DOĞRULUK (±)
Kablosuz Ağ (Wi-Fi)	RSSI Parmak izi	2 – 5 m
Radyo Frekansı Tanımlama (RFID)	Yakınlık Tespiti	0.1 – 2 m
Ultra Geniş Bant (UWB)	TOA	0.01 – 1 m
Kızılötesi (IR)	Yakınlık tespiti, TOA	0.01 – 2 m
Bluetooth	RSSI Parmak izi	2 – 5 m
Ultrases	TOA, AOA	0.01 – 1 m
Manyetik Alan	RSSI Parmak izi	1 – 5 m
Görüntü Temelli	TOA, Görsel Analiz	0.01 – 1 m
Frekans Modülasyonu (FM)	RSSI Parmak izi	2 – 5 m
Hücresel Tabanlı	RSSI Parmak izi	~50 m
Yapay Uydu Sinyali Vericileri	Taşıyıcı faz gözlemleri	0.01 – 10 m
Kaba Kumpas Hesabı (PDR)	IMU gözlemleri	2 – 5 m
Radyo Algılama ve Menzil Tespiti (RADAR)	TOA	0.01 – 0.1 m
Zigbee	RSSI Parmak izi	3 – 5 m

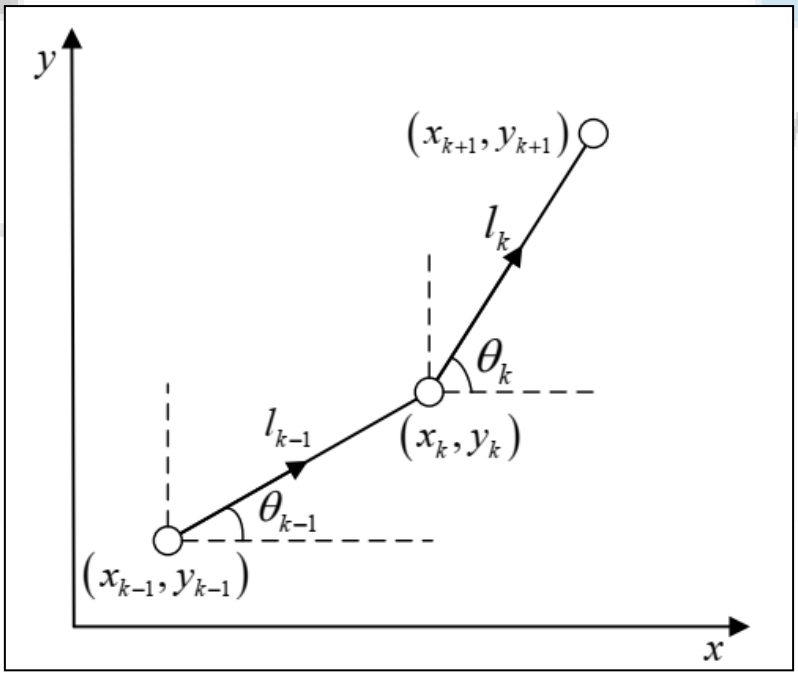
Bu teknolojilerin ana amaçlarından birinin de acil durumlarda müdahale ekiplerini yönlendirmek olduğu göz önüne alınırsa, uygulama aşamasının uygun maliyetli, portatif donanımların kullanımına elverişli ve binanın altyapısından bağımsız olması gibi bazı ilave gereksinimlere ihtiyaç duyacağı da açıktır. Ayrıca, bu tip yönlendirmelerde mevcut yapının kat planları ile içeride bulunanların konumlarının da

ekiplere bildirilmesi gibi bazı temel gereksinimlerin de değerlendirilmesi gerekmektedir (Yassin et al. 2017). Bu kıstaslar göz önüne alındığında, temel ihtiyaç noktasında en az altyapı donanımı gereksinime sahip olan teknoloji olarak Kaba Kumpas Hesabı (PDR) olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajı, günümüzde hemen herkesin kullanımında olan akıllı telefonlardaki sensörlerin kapalı mekânlarda konum bulma amaçlı olarak da değerlendirilebilmesidir. Akıllı telefonların mevcut iç sensörleri, özellikle acil durumlarda kullanıcıların mekânın kendi altyapısına ya da ilave donanıma ihtiyaç duymadan da konum verisi ihtiyacını karşılayabilmektedir (Diaz 2015, Poulose&Han 2019).

KABA KUMPAS HESABI (PEDESTRIAN DEAD RECKONING – PDR)

Bu yöntem kullanılarak yapılan konum kestiriminde, kullanıcının konumu bir önceki noktanın koordinatlarına bağlı olarak tespit edilebilir. Kullanıcının bir önceki noktadan mevcut konumuna ilerlerken ilerlediği yön (herhangi bir baz doğrultusuna göre açı, vb.) ve kat ettiği mesafe (adım sayısı, vb.) bilgileri gereklidir. Bu sayede kullanıcının yeni konumu Kartezyen koordinat sistemi içerisinde hesaplanabilir. Bu yöntem, herhangi bir bina altyapısı ya da ilave donanım gerektirmeyen bir konum belirleme yaklaşımıdır (Al-Ammar et al. 2014, Diaz 2015, Zeng et al. 2015, Lashkari et al. 2019, Mendoza-Silva et al. 2019, Poulose&Han 2019).

PDR yöntemi ile veri toplayabilmek için, günümüzde sıklıkla kullanılan akıllı telefonlar da tercih edilmektedir. Bu tür cihazların içerisinde güncel olarak ivmeölçer, jiroskop (dönme hızı ölçer), manyetometre (dönüklük) gibi verilerin bir arada toplanmasına imkân sağlayan "İnersiyal Ölçme Birimi (Inertial Measurement Unit – IMU)" ve hatta çift frekanslı GNSS alıcıları da bulunmaktadır. İvmeölçer ile adım sayısının tespiti, jiroskop ya da manyetometre ile de kullanıcının güzergâh yönünün tespit edilmesi mümkündür (Torres-Solis et al. 2010, Diaz 2015, Lashkari et al. 2019, Mendoza-Silva et al. 2019, Poulose&Han 2019, Ning&Chen 2020, Sun et al. 2020, URL-1) (Şekil 3).



Şekil 3. PDR yöntemi kullanılarak nokta konumlarının tespit edilmesi (Yao et al. 2022).

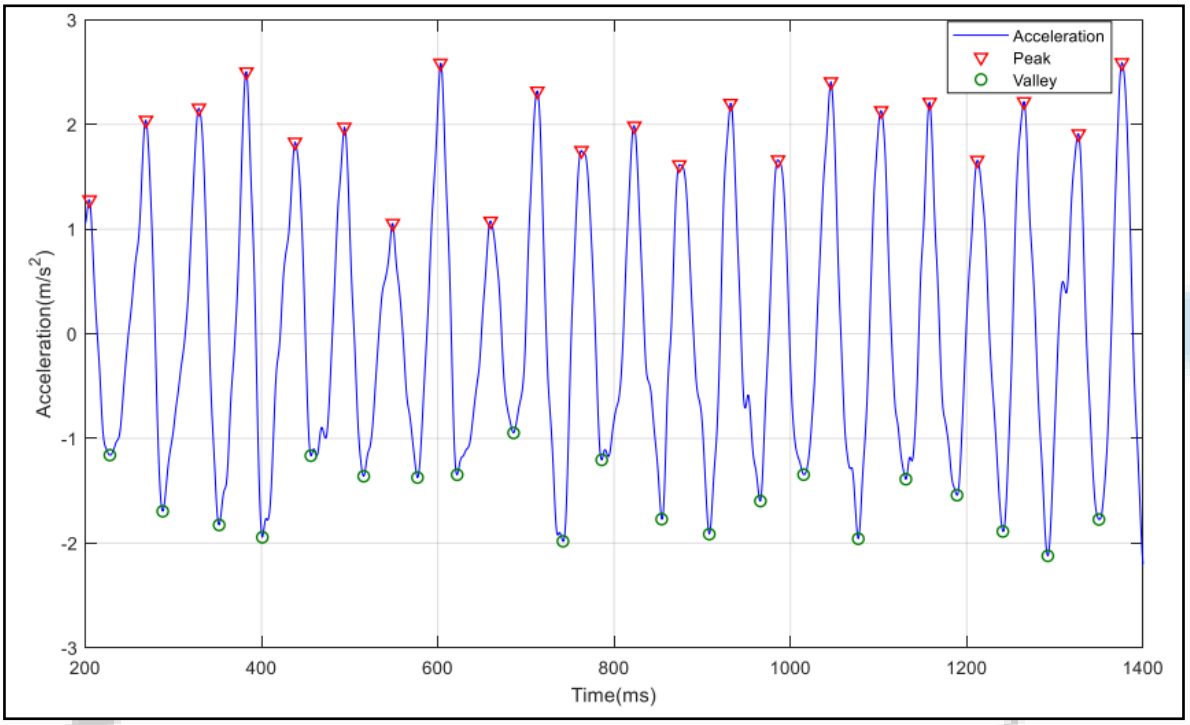
Başlangıç noktasından bir sonraki noktaya ilerlerken kat edilen (l) mesafesi ile güzergâh yönü (θ) tespit edilebilirse, bir sonraki noktanın 2 boyutlu koordinatları Kartezyen düzlem içerisinde belirlenebilir. Bunun için ilk aşamada başlangıç noktasının koordinatlarının bilinmesi de gerekmektedir.

PDR yöntemi ile koordinat verisi elde edebilmek için:

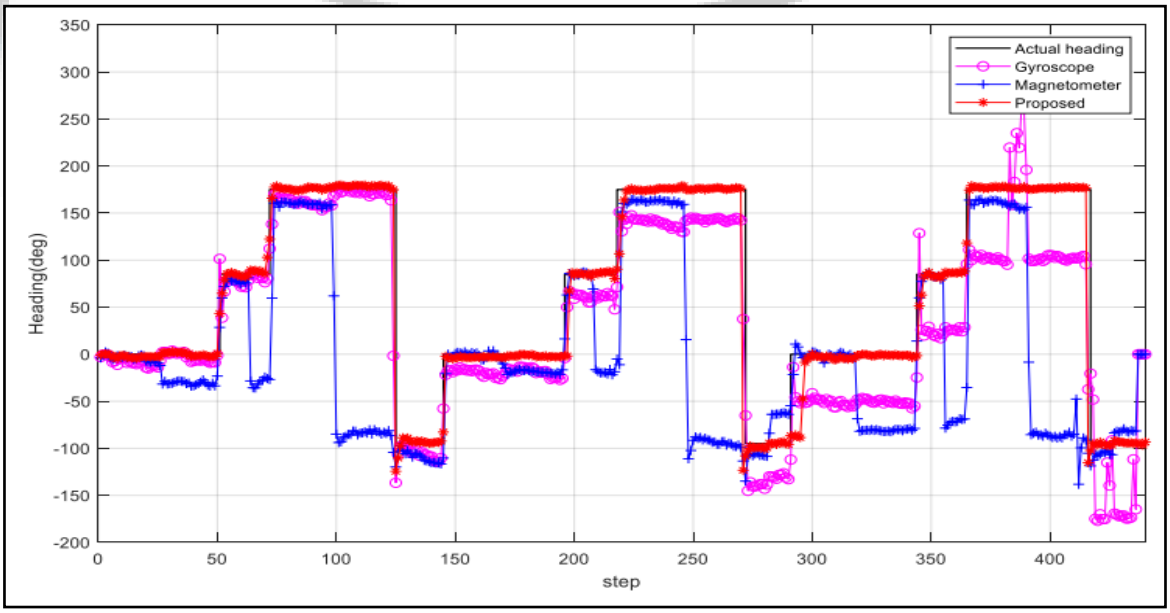
$$x_k = x_{k-1} + l_k . \cos(\theta_k) \quad (1)$$

$$y_k = y_{k-1} + l_k . \sin(\theta_k) \quad (2)$$

eşitlikleri kullanılabilir. Eşitliklerdeki (x, y) değerleri Kartezyen düzlemdeki koordinatları, (l) kullanıcı tarafından bir sonraki noktaya gidene kadar kat edilen mesafeyi, (θ) ise kullanıcı güzergâhının yönünü ifade etmektedir (Diaz 2015, Ning&Chen 2020, Sun et al. 2020, Tong et al. 2020, Yao et al. 2022) (Şekil 4 ve 5).



Şekil 4. Akıllı telefonlardaki IMU sensörleri kullanılarak adım sayısının tespit edilmesi (Yao et al. 2022). Cihazın elde ya da cepte tutulması fark etmeksizin, yürüyüş koşullarına bağlı olarak ivme üzerinde (mavi çizgi) değişiklikler meydana gelebilir. Buna benzer veriler üzerinde bazı filtreleme işlemleri de yapılıp zamana bağlı olarak toplam adım sayısının tepe (kırmızı) ve çukur (yeşil) noktalar ele alınarak belirlenebilmesi mümkün olabilmektedir.



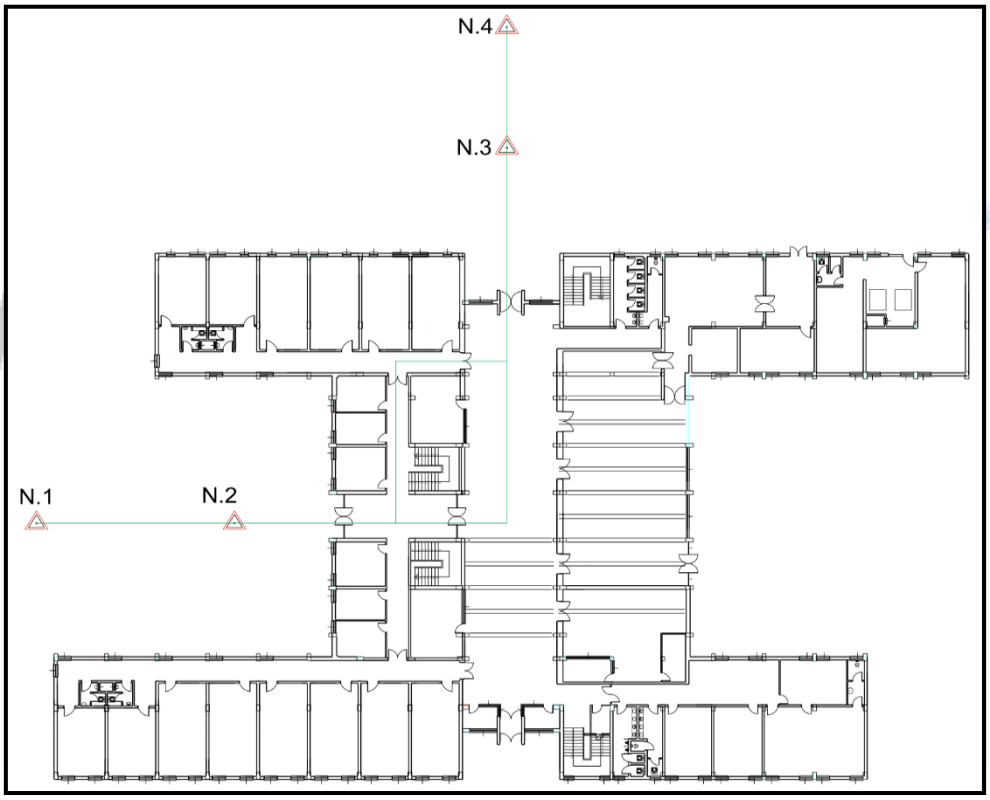
Şekil 5. Akıllı telefonun atılan adım sayısına bağlı olarak hangi yönde gittiğinin tespit edilmesi (Yao et al. 2022). IMU sensörü içerisinde bulunan jiroskop (pembe) ve manyometre (mavi) verilerinin ayrı ayrı ya da birlikte

değerlendirilmesi de mümkündür. Bu aşamada gerçek rotaya (siyah) en uygun modelin (kırmızı) ortaya konması amaçlanmaktadır.

Mobil IMU sensörleri bütünleşik olarak akıllı telefonlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Her ne kadar bu sensörlerden elde edilen veriler kullanıcı odaklı uygulamalar için yeterli olsa da, kapasitelerinin bazı durumlarda nispeten yetersiz kaldığı söylenebilir. Bu durum kapalı mekânlarda konum bulma hesaplarında bazı sorunları doğurmaktadır. Çevresel koşullarla beraber ele alındığında, IMU verilerinde dönüklük ve mesafe hesabı yapılması nispeten daha karmaşık bir hâl almaktadır. Ayrıca sensörlerdeki parazitler ve yanlış okunan değerler, gözlem süresi arttıkça hata birikmelerine de neden olabilmektedir. Bu gibi sorunların üstesinden gelebilmek için ise PDR yöntemi bazı durumlarda farklı teknolojilerle birlikte hibrit olarak da kullanılabilmekte ya da hesaplamalarda biriken hataların önüne geçebilmek için kapalı mekân içerisinde daha önceden konumu bilinen yer işaretleri de kullanılmaktadır (Farid et al. 2013, Zeng et al. 2015, Mendoza-Silva et al. 2019, Poulose&Han 2019, Sun et al. 2020).

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada PDR yöntemi ile kapalı bir mekân içerisinde kullanıcının konumunun tespiti yapılmaya çalışılacaktır. Bu amaçla 2 katlı bir bina test alanı olarak seçilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Test sahası olarak seçilen 2 katlı yapının zemin kat planı. Planlanan güzergâhlar (yeşil) ve yapı dışında konumlandırılmış, kontrol amaçlı ve dönüşüm hesapları için kullanılması planlanan noktalar da (N.1 – N.4) şekilde gösterilmiştir. Yapı içerisinde çok sayıda bağımsız bölüm ve koridor da bulunmaktadır. Lineer bir güzergâh olmaması adına, veriler toplanırken binaya giriş ve çıkışlar farklı cephelerden yapılacaktır.

Planlanan güzergâhlar için proje kapsamında binaya ait her bir karakteristik nokta için (bina köşeleri, iç mekândaki kapı, pencere, vb.) 36 derece dilim orta meridyeni ve 3 derece için tanımlanan International Terrestrial Reference Frame (ITRF) datumuna bağlı olarak koordinat verileri üretilecektir. Bunun için mekânın dışında tesis edilecek en az 4 nokta kullanılacak ve bu noktaların hem lokal hem de ITRF sisteminde koordinatları Ağ-RTK (Ağ-Real Time Kinematic) yöntemine bağlı olarak en az 2 farklı oturumda ölçülerek ortalamaları alınacak ve binaya ait bütün karakteristik noktaların koordinatları Helmert dönüşümü ile hesaplanacaktır. Bu sayede mekân içerisinde akıllı telefonlar ile veri toplanırken, anlık olarak kullanıcının konumunun gerçek yeryüzü koordinat sistemi ile uyumu da irdelenecektir. Mobil olarak toplanan verilerin post-proses ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen konumların, daha

önceden yersel koordinat sistemine göre konumları yüksek doğrulukla belirlenen güzergâhlar ile uyumu da araştırılacaktır.

Bu amaçla birden fazla akıllı telefonun kullanılması ve mobil olarak toplanan verilerin post-proses ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen konumların, daha önceden yersel koordinat sistemine göre konumları yüksek doğrulukla belirlenen güzergâhlar ile uyumu da araştırılacaktır. Ayrıca mevcut bazı akıllı telefonlarda bulunan çift kanallı GNSS alıcılarından elde edilecek olan ham verilerin değerlendirilmesi de söz konusu olacaktır (URL-2). Bu aşamada mekânın dışında yer alan 4 nokta üzerinde jeodezik GNSS alıcıları ile yapılan ölçmeler ile çift frekanslı GNSS alıcısı çipine sahip akıllı telefonlar arasında da bir karşılaştırma yapılacaktır. Her ne kadar Ağ-RTK prensibine bağlı olarak çalışan GNSS alıcılarının konum doğruluğu cm mertebesinde olsa da, akıllı telefonlar için bu durumun ne kadar geçerli olabileceği ya da konum doğruluğunun bu proje kapsamında jeodezik GNSS alıcıları ile ne kadar kıyaslanabileceği de araştırılacaktır. Akıllı telefonlar ile yapılacak olan bu gözlemlerde, klasik gözlemlerden ziyade uzun süreli oturumlar ile (statik ya da hızlı statik) veri toplanması planlanmaktadır. Elde edilecek olan sonuçların değerlendirilmesi ile de Helmert dönüşümü için kullanılacak olan en az 4 noktanın ITRF koordinatlarının hesaplanabilmesi için jeodezik GNSS alıcılarının gerekliliği de irdelenecektir (URL-3).

Çalışmanın son aşamasında, akıllı telefonlar üzerinde yerleşik olarak gelen barometre sensörlerinin de kullanılması ve konum hesabının kullanıcının kat değişikliklerine olan duyarlılığının da incelenmesi planlanmaktadır (URL-4).

BEKLENEN SONUÇLAR

Bu çalışmanın amacı akıllı telefonlarda yer alan sensörler kullanılarak kapalı bir mekân içindeki kullanıcı konumunun sadece PDR yöntemi kullanılarak yüksek doğrulukta hesaplanıp hesaplanamayacağının değerlendirilmesidir. Bu amaçla belirlenen bir test sahası içinde tasarlanan en az 2 güzergâh üzerinde farklı akıllı telefonlarla sensör verileri toplanacaktır. Ardından ivmeölçer, jiroskop ve manyetometre verileri ofis ortamında değerlendirilecek ve kullanıcının gerçek güzergâh verileri ile elde edilen sonuçlar kıyaslanacaktır.

PDR yönteminin kendine özgü dezavantajlarını (sensörlerdeki parazitler, zamana bağlı olarak sensör sapmalarının artması, vb.) giderebilmek için, öncelikle kapalı mekân dışında yer alan en az 4 farklı noktanın koordinatları jeodezik GNSS alıcıları ile hesaplanacaktır. Veri toplama aşamasında akıllı telefonlar ile başlangıç ve bitiş noktaları olarak bu 4 noktada da veri toplanacaktır.

Adım sayısının tespiti için ivmeölçer verilerinde düşük ya da yüksek seviyeli (low-pass, high-pass) filtreler kullanılarak mevcut sensör parazitlerinin giderilebilmesi olanakları değerlendirilecektir. Aynı şekilde seyir rotası ve açısının belirlenebilmesi için de diğer sensörlerde benzer yaklaşımlar ile öncelikle yanlış verilerin ayıklanması üzerinde durulacaktır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, ölçme hatalarının en aza indirgenebilmesi için PDR yöntemi ya diğer başka teknolojilerle beraber hibrit olarak kullanılmakta ya da aynı kapalı mekân içerisinde ve güzergâh üzerinde olan bazı noktaların koordinatları kullanılmaktadır (Alzantot&Youssef 2012, Bianchi et al. 2019, Poulose&Han 2019, Tong et al. 2019). Bu çalışmadaki en önemli kısım ise kapalı mekân dışında koordinatları bilinen noktaların tesis edilmesi ve ölçmelerin bu noktalarda başlaması ya da bitmesidir. Bu sayede dinamik kapalı mekânlar içerisinde ölçme zorunluluğunun ortadan kaldırabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın başka bir amacı da çift frekanslı GNSS alıcılarına sahip akıllı telefonların, kapalı mekân dışında kalan nokta koordinatlarının hesaplanmasında ne kadar doğruluğa sahip olabileceğinin değerlendirilmesidir. Bu sayede Helmert dönüşümü için jeodezik GNSS alıcıları gereksinimi de ayrıca değerlendirilecektir.

Kapalı mekânlarda konum bulma amacıyla kullanılan yöntem ve teknikler, sahadan veri toplamak için oldukça zaman alıcı veri toplama işlerinin yapılmasını gerektirebilir. Ancak akıllı telefonların insanlar tarafından sıklıkla kullanılması, gönüllü katılımcıların sağlanabilmesi durumunda bu iş yükünü hafifletebilir. Yani sahadan toplanacak veriler çekirdek bir ekibin yapabileceğinden çok daha kısa bir zaman içerisinde çok sayıda cihaz tarafından toplanabilir. Bu amaçla çalışmanın bir sonraki aşamasında

"kitlekaynak" çözümlerinin kullanılması ve kat edilen güzergâhlara bağlı olarak kapalı mekânlara ait planların post-proses ile üretilmesi de planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Al-Ammar MA, Alhadhrami S, Al-Salman A, Alarifi A, Al-Khalifa HS, Alnafessah A, Alsaleh M. Comparative Survey of Indoor Positioning Technologies, Techniques, and Algorithms. 2014 International Conference on Cyberworld (2014): 245-252. https://doi.org/10.1109/CW.2014.41.

Alzantot M, Youssef M. CrowdInside: Automatic Construction of Indoor Floorplans. ArXiv e-prints (2012) 1209.3794.

Aykut N O, Gülal E, Akpinar B. Performance of Single Base RTK GNSS Method versus Network RTK. Earth Sciences Research Journa 19(2) (2015) 135-139.

Bianchi V, Ciampolini P, De Munari I. RSSI-Based Indoor Localization and Identification for ZigBee Wireless Sensor Networks in Smart Homes. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 68(2) (2019) 566-575.

Bras L, Carvalho N B, Pinho P, Kulas L, Nyka K. A Review of Antennas for Indoor Positioning Systems. International Journal of Antennas and Propagation (2012) 1-14.

Diaz E M. Inertial Pocket Navigation System: Unaided 3D Positioning. Sensors 15 (2015) 9156-9178.

Din M M, Jamil N, Maniam J, Mohamed M A. Review of indoor localization techniques. International Journal of Engineering & Technology 7(2.14) (2018) 201-204.

Farid Z, Nordin R, Ismail M. Recent Advances in Wireless Indoor Localization Techniques and System. Journal of Computer Networks and Communications (2013) 185138. https://doi.org/ 10.1155/2013/ 185138.

Gu Y, Lo A, Niemegeers I. A Survey of Indoor Positioning Systems for Wireless Personal Networks. IEEE Communications Surveys & Tutorials 11(1) (2009) 13-32. https://doi.org/10.1109/ SURV.2009.090103.

Kriz P, Maly F, Kozel T. Improving Indoor Localization Using Bluetooth Low Energy Beacons. Mobile Information Systems (2016) 2083094.

Lashkari B, Rezazadeh J, Farahbakhsh R, Sandrasegaran K. Crowdsourcing and Sensing for Indoor Localization in IoT: A Review. IEEE Sensors Journal 19(7) (2019) 2408-2434.

Mendoza-Silva G M, Torres-Sospedra J, Huerta J. A Meta-Review of Indoor Positioning Systems. Sensors 19 (2019) 4507.

Ning F S, Chen Y C. Combining a Modified Particle Filter Method and Indoor Magnetic Fingerprint Map to Assist Pedestrian Dead Reckoning for Indoor Positioning and Navigation. Sensors 20 (2020) 185.

Özdemir B N, Ceylan A, Alçay S, Yiğit C Ö. Kapalı Mekânlarda Uygulanan Konum Belirleme Yöntemleri ve Karşılaştırılması. 7.Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu (2014) 15-17 Ekim, Çorum.

Perez-Solano J J, Ezpeleta S, Claver J M. Indoor localization using time difference of arrival with UWB signals and unsynchronized devices. Ad Hoc Networks 99 (2020) 102067.

Poulose A, Han D S. Hybrid Indoor Localization Using IMU Sensors and Smartphone Camera. Sensors 19 (2019) 5084.

Rainer, M. (2012). Indoor positioning technologies, ETH Zurich, Switzerland. Habilitation Thesis.

Roy P, Chowdhury C, Ghosh D, Bandyopadhyay S. JUIndoorLoc: A Ubiquitous Framework for Smartphone-Based Indoor Localization Subject to Context and Device Heterogeneity. Wireless Personal Communications 106(2) (2019) 739-762.

Ruiz D, Urena J, Garcia J C, Perez C, Villadangos J M, Garcia E. Efficient trilateration algorithm using time differences of arrival. Sensors and Actuators A 193 (2013) 220-232.

Seco F, Jimenez A R. Smartphone-Based Cooperative Indoor Localization with RFID Technology. Sensors 18 (2018) 266.

Sun M, Wang Y, Xu S, Cao H, Si M. Indoor Positioning Integrating PDR/Geomagnetic Positioning Based on the Genetic-Particle Filter. Applied Sciences 10 (2020) 668.

Tong H, Xin N, Su X, Chen T, Wu J. A Robust PDR/UWB Integrated Indoor Localization Approach for Pedestrians in Harsh Environments. Sensors 20 (2020) 193.

Torres-Solis J, Falk T H, Chau T. (2010). A Review of Indoor Localization Technologies: towards Navigational Assistance for Topographical Disorientation. 10.5772/8678.

Yao Y, Liu Y, Zhou Z, Xu X. A magnetic interference detection-based fusion heading estimation method for pedestrian dead reckoning positioning. IEEE Sensors Journal (2022). DOI 10.1109/JSEN.2022. 3224004

Yassin A, Nasser Y, Awad M, Al-Dubai A, Liu R, Yuen C, Raulefs R, Aboutanios E. Recent Advances in Indoor Localization: A Survey on Theoretical Approaches and Applications. IEEE Communications Surveys & Tutorials 19(2) (2017) 1327-1346.

Yavaşoğlu H, Tarı E, Tüysüz O, Çakır Z, Ergintav S. Determining and modeling tectonic movements along the central part of the North Anatolian Fault (Turkey) using geodetic measurements. Journal of Geodynamics 51(5) (2011) 339-343. https://doi.org/10.1016/j.jog.2010.07.003.

Zeng Q, Zhou B, Jing C, Kim N, Kim Y. A Novel Step Counting Algorithm Based on Acceleration and Gravity Sensors of a Smart-Phone. International Journal of Smart Home 9(4) (2015) 211-224.

Zhou M, Liu Y, Wang Y, Tian Z. Anonymous crowdsourcing-based WLAN indoor localization. Digital Communications and Networks 5 (2019) 226-236.

URL-1: https://barbeau.medium.com/dual-frequency-gnss-on-android-devices-152b8826e1c. Son erişim: 15/12/2022.

URL-2: https://barbeau.medium.com/dual-frequency-gnss-on-android-devices-152b8826e1c. Son erişim: 15/12/2022.

URL-3: https://www.tusaga-aktif.gov.tr/. Son erişim: 15/12/2022.

URL-4: https://www.gsmarena.com/samsung_galaxy_note20_ultra_5g-10261.php. Son erişim: 15/12/2022.

Presentation ID / Sunum No: 117

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-4437-3872

Green Synthesis of Silver Nanoparticles From Tarragon (Artemisia Dracunculus) Leaves and Their Antioxidant and Antimicrobial Activities

Dr. Öğretim Üyesi Betül Gürünlü[1], Jamal Valizada[1]
[1]Üsküdar University

*Corresponding author: Betül Gürünlü

***Abstract**: The most secure, environmentally friendly, economical, and risk-free method of producing nanoparticles (NPs) is known as "green synthesis." The aqueous leaf extract of Tarragon (Artemisia dracunculus) was used in the current work as a reducing, capping, and stabilizing agent during the green production of silver nanoparticles (AgNPs). In this study, we developed a fast and economical way for synthesis of Tarragon based AgNPs (T-AgNPs). Then, we observed the T-AgNPs by UV-vis, FT-IR, DLS spectroscopies. According to UV-vis spectroscopy results, our synthesized T-AgNPs gave a peak at 420 nm. The DLS of the biosynthesized T-AgNPs showed a 92,67 nm particle size and their zeta potential -21,67 mV. Then, we tested the antioxidant activities of the produced T-AgNPs by DPPH radical scavenging and Folin-Ciocalteu methods. According to Folin-Ciocalteu results, the excellent correlation coefficient (R2) value was found to be 0.984 for T-AgNPs obtained from Tarragon (Artemisia dracunculus). For the antibacterial capabilites of the synthesized nanoparticles, we observed both gram-positive (S. aureus) and gram-negative (E. coli) bacteria. Increasing the T-AgNPs amount 2 times raised up the antioxidant capability by 37%. The liquid bacteria cultures, E.coli and S. aureus were exposed to synthesized T-AgNPs that were prepared as different amounts between 0.6 - 1.8 ml by increasing 0.3 ml steps. E.coli growth was reduced from 64.67% to 6.41-9.79% with the addition of T-AgNP compared to the control group. Also, the decrease of the concentration of S. aureus culture in liquid form in glass tube was presented in Table 2. While S. aureus growth was 7.72% in the control group, this growth increased to 12.52% for 0.6 and 1.8 ml values with the addition of T-AgNP. The best results were obtained with the addition of 0.9 ml of T-AgNP, reducing the bacterial population by 8.3%. In the following results, bacterial growth was determined as 6.76% and 4.73% for 1.2 ml T-AgNP and 1.5 ml T-AgNP values, respectively. As a result, a decrease of 1-15% was achieved compared to the control group.*

***Keywords:** Tarragon, Artemisia Dracunculus, Silver Nanoparticles, Antioxidant, Antimicrobial*

Introduction

An interdisciplinary field of study known as nanotechnology looks at the synthesis of nanomaterials (between 1 and 100 nm), the physical, chemical, and biological characteristics of nanostructures that exist at scales ranging from atoms or molecules to submicron sizes, as well as the integration of nanomaterials into larger systems [1]. Ag^{+} ions are converted to Ag^{0} by plant extracts and allow for nanoscale production [2]. Terpenoids, flavones, ketones, aldehydes, amides, and carboxylic acids are the primary phytochemicals involved. Water-soluble phytochemicals such flavones, organic acids, and quinones are in charge of the rapid ion reduction [3].

The plant *Artemisia dracunculus*, also known as "tarragon," belongs to the class of medicinal aromatic herbs. The tarragon plant is well-known for its usage in the treatment of intestinal worms, dyspepsia, hiccups, anxiety, and muscle dysfunction (pinworm) [4]. It is described as an expectorant, antipyretic, respiratory aid, and sleep regulator in the writings of illustrious medical researchers including Ibn-i Sina, Abu Mansur, and Ibn Baytar [5]. The primary factors influencing tarragon's broad use in the food business are its pleasant perfume and essential oil, as well as its antibacterial and antifungal activities

[6]. In addition to its therapeutic applications, tarragon is also used to sweeten meals in many nations [7].

There are several phytochemicals in tarragon's aerial portions, including monoterpenoids, sesquiterpenoids, phenolics, polyacetylenes, and alkaloids [8]. Coumarins, flavonoids, and phenolic acids have been identified as the main classes of metabolic constituents. Quercetin, luteolin, narigenin, camphorol, chlorogenic acid, caffeic acid, caffeyolquinic acid, and chicoric acid are a few more flavonoids and phenolic acids that have been identified in a number of investigations [4,9-11].

In this study, we developed a synthesis method for the tarragon based silver nanoparticles and then we examined the antioxidant and antibacterial effects of the tarragon based silver nanoparticles. Firstly, we applied Folin-Ciocalteu and DPPH techniques in order to prove the antioxidant effects of T-AgNPs. Secondly, we tested the antibacterial effect of synthesized T-AgNPs on liquid and solid cultures of both Escherichia Coli (*E.coli*) and Staphylococcus aureus (*S. aureus*) bacteria types.

Materials and method

2.1. Materials

Tarragon (*Artemisia dracunculus*) plants were collected from Antalya Province, Türkiye and were purchased from Nebba Agricultural Products Distribution Marketing Industry and Trade Limited Company. Silver nitrate ($AgNO_3$) were purchased from ZAG Chemicals, Türkiye. Folin-Ciocalteu's phenol reagent was purchased from Merck, Germany. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) was purchased from Sigma-Adrich, MilliporeSigma, Germany.

2.2. Tarragon leaves extraction

5 g of fresh tarragon leaves were weighed. It was centrifuged for 24 hours at a mixing speed of 4100 rpm by adding 50 ml of distilled water. The centrifuged samples were filtered by Macherey-Nagel™ MN 616 Grade Folded Filter Papers. After removing the filtrate over the filter paper, the permeate under the filter paper were used for the synthesis of silver nanoparticles as shown in Figure 1.

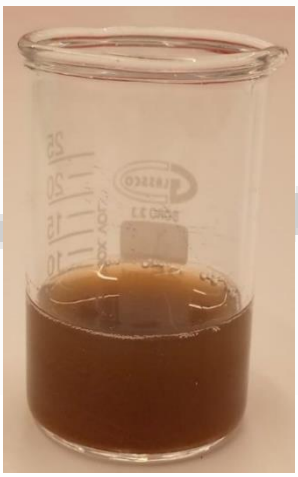


Figure 1. The tarragon (*Artemisia dracunculus*) extract

2.3. Synthesis of Silver Nanoparticles

A 100 ml volume of 1 mmol $AgNO_3$ solution was prepared. Then 4 ml of tarragon extract was added into it. It was mixed on a hot plate with magnetic stirrer by applying a temperature of 100 - 150 ˚C. Color change from yellow to brown was observed after 30 min as presented in Figure 2.

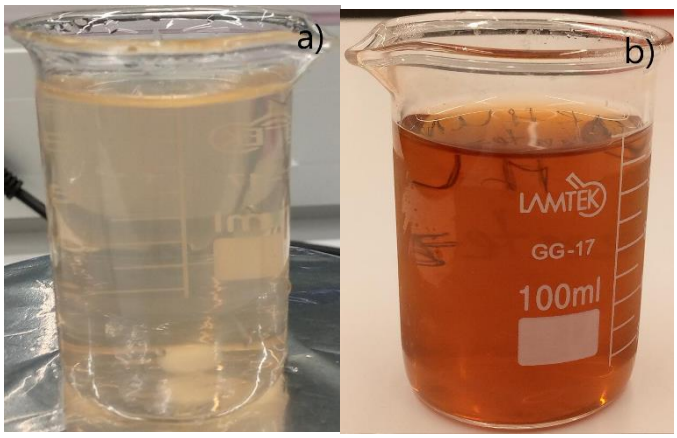


Figure 2. a) Before the reduction of $AgNO_3$ solution with the Tarragon extract b) After the reduction of $AgNO_3$ to silver nanoparticles by Tarragon extract

2.4. Characterization studies

The biosynthesized nanoparticles were characterized using various analytical techniques. UV Visible (UV-vis) spectra of AgNP reaction mixture was recorded between 200 - 600 nm wavelength by using Shimadzu UV-1900i spectrophotometer, Japan. The functional groups were analyzed by using Jasco FT/IR-4700 spectrometer of Japan over the wavelength range from 500 to 4000 cm^{-1}. The particle size distribution of T-AgNPs was evaluated using dynamic light scattering (DLS) measurements and zeta potential analysis were conducted with a Malvern Zetasizer Nanoseries compact scattering spectrometer (Malvern Instruments Ltd., Malvern, UK). The T-AgNPs were dissolved in distilled water (T-AgNPs extract/distilled water:1/10) for particle size distribution analysis. Data obtained were analyzed using Zetasizer software.

2.5. Antioxidant assay

In order to measure the antioxidant properties of silver nanoparticles synthesized by using tarragon extract, the Folin- Ciocalteu procedure and DPPH scavenging method were applied.

As a scope of Folin-Ciocalteu procedure, first 6 test tubes were taken and labelled as blank and s1-s5 (sample 1 - sample 5). Secondly, 0.5 mL of gallic acid sample solutions were added to the related labeled tubes (s1-s5). Thirdly, 0.5 mL of distilled water was added to the blank tube. After that, 2 mL of diluted Folin-Ciocalteu's phenol reagent was added to each tube and mixed well. In next step, 1 mL of Na_2CO_3 solution was added to each tube and mixed well. The samples were incubated at room temperature for 30 min in dark. Finally, their absorbances were measured at 765 nm against the blank. Also for comparison, gallic acid was used as the standard in the concentration range of 20-100 mg/L. The results were determined from the standard curve and were expressed as gallic acid equivalent (mg GAE/mL of extract).

As a scope of DPPH technique, 1 liter of 304 µmol solution of DPPH was prepared using methanol as solvent. 0.5 ml of the 304 µmol DPPH solution prepared was placed in each of the 4 sample tubes. No.1 test tube labeled as control. Only 1.5 ml of methanol and 0.5 ml of DPPH were put into the test tube labeled as control. Silver nanoparticles in the range of 0.2-0.4 ml were placed in each test tube from test tube 2 to test tube 4, in 0.1 ml increments. Methanol was added to the test tubes from the 2nd test tube to the 4th test tube, respectively, in the range of 1.3 – 1.1 ml, by decreasing 0.1 ml. This test was carried out in the dark. The tubes were centrifuged at 1500 rpm for 15 min at room temperature in the centrifuge. After centrifugation was completed, photometry analyzes were performed in UV spectrometry at 517 nm using the control sample as reference.

2.6. Antimicrobial assay

The *E. Coli* (gram negative bacteria) and *S. aureus* (gram positive bacteria) were provided by University of Health Sciences, Haydarpasa Numune Training and Research Hospital, Microbiology Laboratuary, Türkiye. 100 ml distilled water was added to 4 g Luria Bertani (LB) broth-agar and then this LB both

solution was autoclaved for 2 hours. After that, the LB broth-agar solution was pour into the petri dishes. After these broth was held for 2 hours and then *E.coli* and *S.Aureus* bacteria cultures were cultivated in these petri dishes by using cell spreader. These bacteria cultivated sample bottles was held in drying oven at 37 ˚C for bacteria growth for 24 hours.

For the liquid bacteria cultures, 100 ml distilled water was added to 2.5 g Luria Bertani (LB) broth and then this LB broth solution was autoclaved for 2 hours. After that, the LB broth solution was pour into two different sample bottles for *E. coli* and *S. aureus*. Then, 1ml of each of the bacteria strains was put into separate sample bottles for *E. coli* and *S. aureus*. These bacteria cultivated sample bottles was held in incubator (Microtest) at 37 ˚C by applying the agitation at 150 rpm for bacteria growth for 24 hours.

Results and Discussion

3.1. UV-vis analysis results

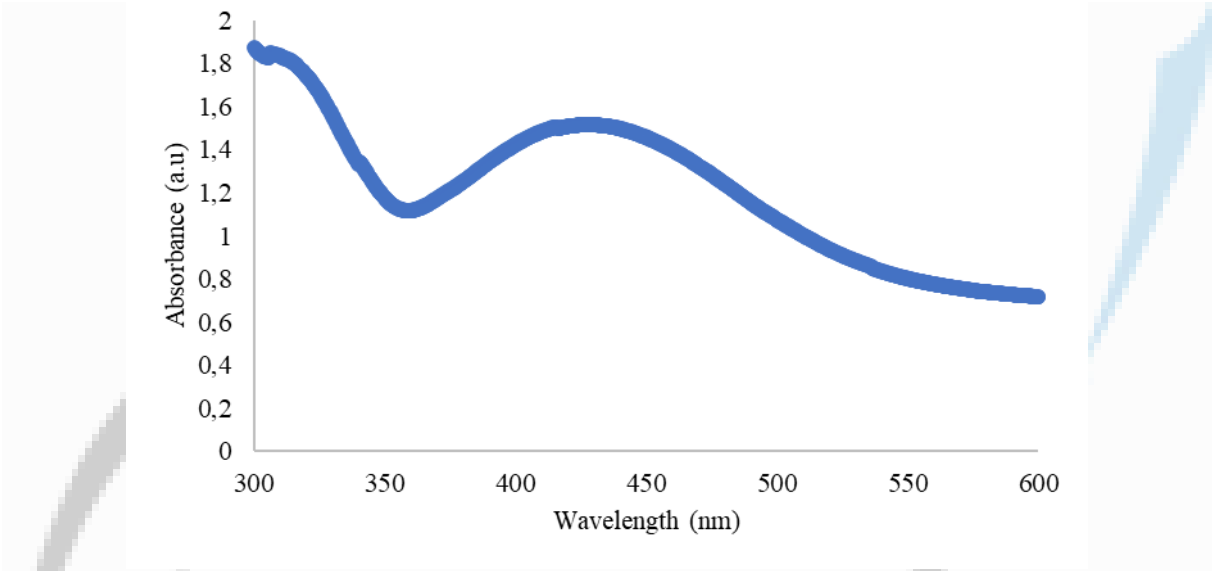


Figure 3. UV-vis spectra of AgNPs synthesized from Tarragon (*Artemisia dracunculus*)

The reaction mixture of silver nitrate with tarragon extract was turned into brown colour within 6 hours' incubation indicates starting of synthesis of silver nanoparticles. The SPR band was formed at 420 - 435 nm for silver nanoparticles synthesized from tarragon extract. Tarragon extract mediated synthesized silver nanoparticles shows surface plasmon resonance (SPR) band at initial time of incubation at 420 nm with broadened indicates reduction process was started. The absorbance intensity was increased while increasing the time of reaction. After 24 hours, the maximum synthesis of nanoparticles was attained and the high peak at 420 nm was observed.

3.2 FT-IR analysis results

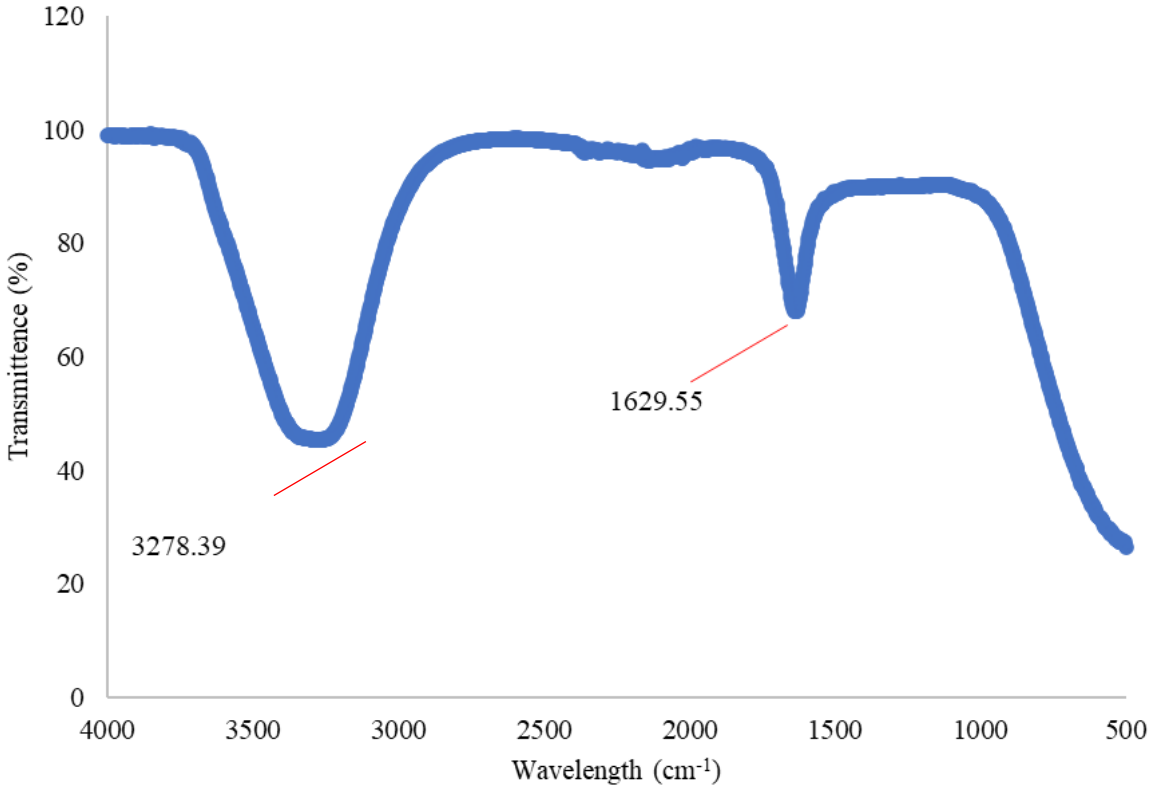
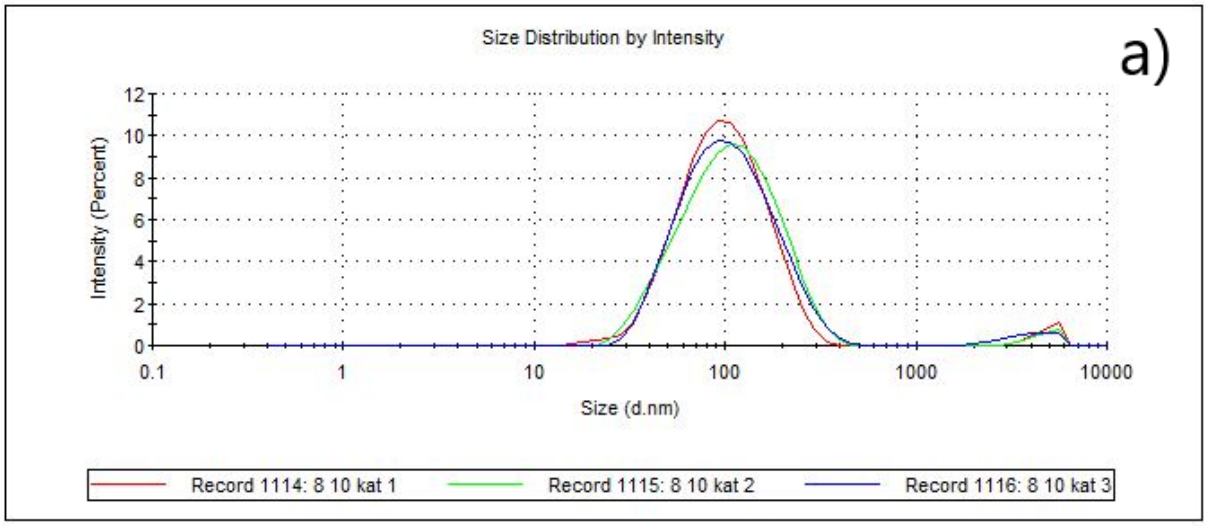


Figure 4. FT-IR spectrum of silver nanoparticles synthesized using Tarragon (*Artemisia dracunculus*)

FT-IR spectrum shows the water soluble organic compounds from the tarragon extract may involve in the reduction of silver ions. A strong peak was observed at 3278.39 cm^{-1} indicates presence of O-H stretching and N-H stretching of carboxylic acid and amides linkages groups in the organic molecules. A medium peak at 1629.55 cm^{-1} shows C-H stretching of aromatics groups (Figure 4). These carboxylic groups and amines from proteins of tarragon extract may cap the silver nanoparticles and form a layer on the surface of nanoparticles could acts reducing and stabilizing the nanoparticles.

3.3. DLS analysis results

The examination of dynamic light scattering (DLS) is a crucial and practical method for determining the distribution and size of particles in nanomaterials. The DLS of the biosynthesized T-AgNPs showed a 92,67 nm particle size (Figure 5a).



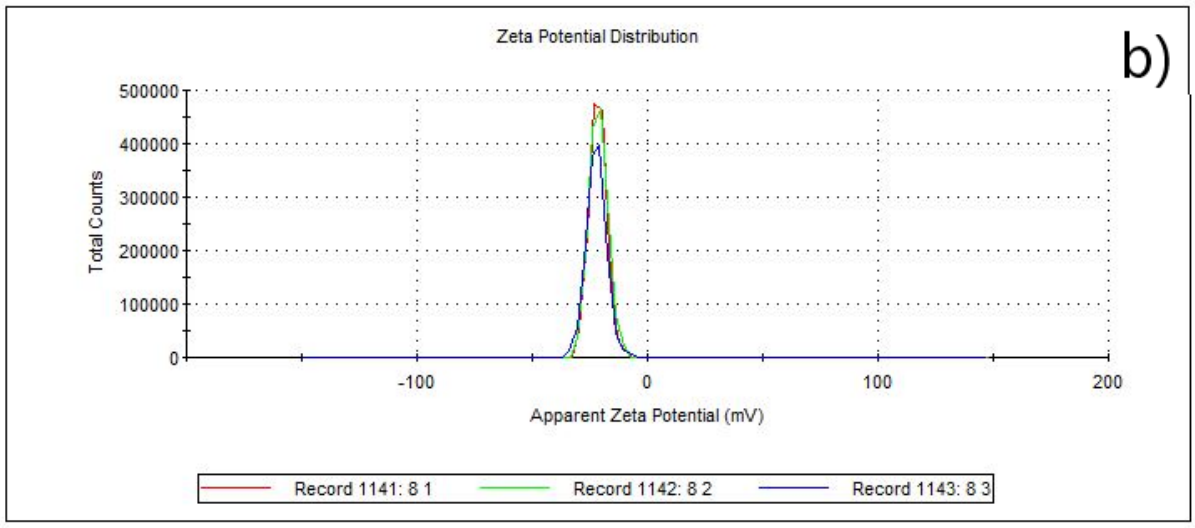


Figure 5. Dynamic light scattering (a) and Zeta potential (b) of the biosynthesized T-AgNPs, illustrating

In the biosynthesized T-AgNPs' zeta potential study, the average intensity value was determined to be -21,67 mV (Figure 5(b)). It shows that there are negatively charged moieties on the surface of the S-AgNPs that have grown in the media. The negative readings that demonstrated the particles' extreme stability may be the cause of the attraction between the particles. Due to the repulsion between the particles, low zeta potential values of the particles imply little flocculation and no desire to combine. A negative zeta potential of T-AgNps proved the high stability of T-AgNPs in colloidal solution [12].

3.4. Antioxidant assay results

3.4.1. Folin-Ciocalteu method results

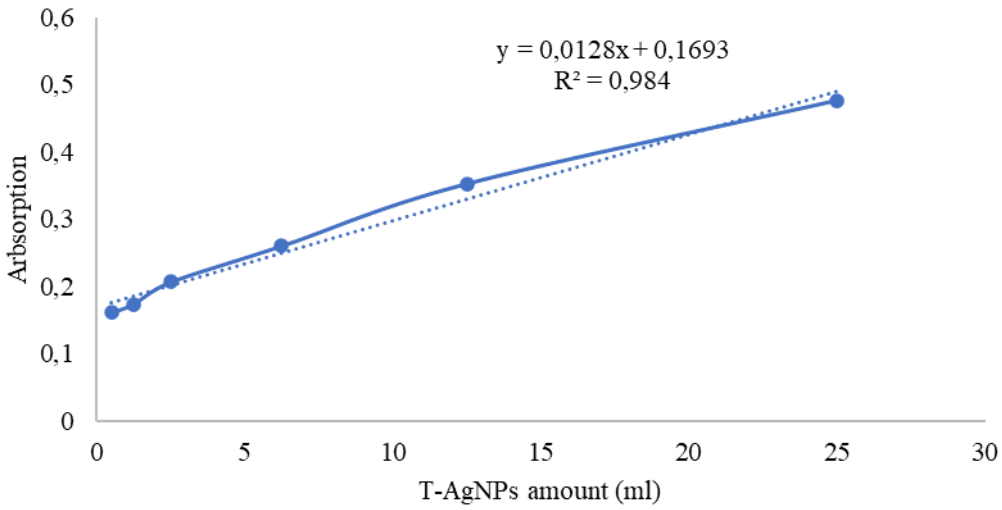


Figure 6. Folin Ciocalteu assay results of T-AgNPs synthesized from Tarragon (*Artemisia dracunculus*) leaves

According to Folin-Ciocalteu results, the excellent correlation coefficient (R^2) value was found to be 0.984 for AgNPs obtained from Tarragon (*Artemisia dracunculus*) leaves extract as presented in Figure 6.

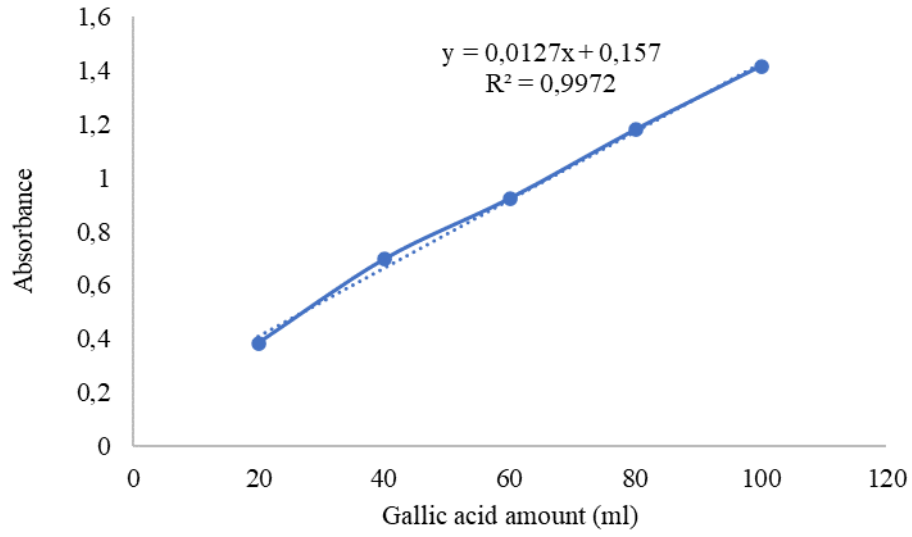


Figure 7. Folin-Ciocalteu method results of Gallic acid

According to Folin-Ciocalteu results, the excellent correlation coefficient (R^2) value was found to be 0.9972 for Gallic acid as presented in Figure 7.

3.4.2. DPPH scavenging method results

DPPH assay method is based on the measurement of the reducing ability of antioxidants toward DPPH radical [13,14]. DPPH has a maximum UV–vis absorption within the range of 515–520 nm. This organic nitrogen radical reacts with hydrogen/electron donor compounds and after reduction, the radical solution becomes discolored or yellow and its absorbance decreases. Results are normally expressed using the EC50 value, defined as the concentration of antioxidant that causes 50 % of DPPH radical inhibition [15,16].

As the amount of T-AgNPs increased, the the concentration of DPPH was decreased. Thus, it can be concluded that T-AgNPs created an antioxidant effect on DPPH.

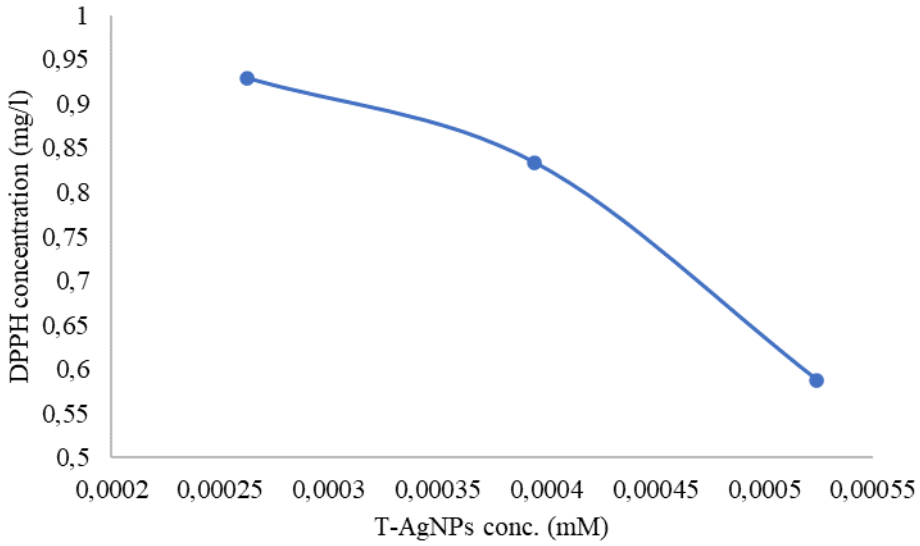


Figure 8. The relation between the T-AgNPs' amount and the DPPH concentration

The results of DPPH-free radical eliminating (Fig. 8) revealed both T-AgNPs are highly capable of scavenging elevated concentrations of the free radicals, within 13 % (EC_{50} = 4.5437 µg/mL).

3.5. Antibacterial assay results

3.5.1. Antibacterial test results that conducting at liquid form bacteria cultures

Table 1. The decrease of the concentration of *E.coli* cultures in liquid form in glass tube

E. coli **(time-hr)** **(T-AgNP ml)**	t_0	t_1	t_2	t_3	t_{24}
Control	1,6676	1,7536	1,7637	1,7039	2,2866
1	1,8267	1,7951	1,8406	1,8879	2,1298
2	1,5996	2,0181	2,0897	2,0986	1,9792
3	1,9285	1,9190	2,0575	2,1364	2,0909
4	1,9289	1,8191	1,9963	2,1254	2,0654
5	1,9414	1,8422	2,0361	2,0757	2,0321

We tested the antibacterial effect of the silver nanoparticles synthesized by using Tarragon (*Artemisia dracunculus*) on *E. coli* bacteria culture. The control sample was grown by 27%. The growth yield of *E. coli* was decreased to 14.22%, 19.18%, 7.77%, 6.61%, and 0.45% for Sample No.1, Sample No.2, Sample No.3, Sample No.4, and Sample No.5, respectively.

Table 2. The decrease of the concentration of *S. Aureus* culture in liquid form in glass tube

S. aureus **(time-hr)** **(T-AgNP ml)**	t_0	t_1	t_2	t_3	t_{24}
Control	1,9022	1,9956	1,9452	1,8279	2,1093
1	2,1559	2,1896	1,6404	2,0906	1,9634
2	1,8746	1,9794	0,6868	2,0376	2,2364
3	2,1935	2,1478	1,8056	2,1458	1,9341
4	2,1045	2,1317	2,1908	2,3318	2,2110
5	2,0817	2,1442	2,2598	2,3096	2,3681

We tested the antibacterial effect of the silver nanoparticles synthesized by using Tarragon (*Artemisia dracunculus*) on *S. Aureus* bacteria culture. The control sample was grown by 9.82%. The bacteria cultivated area of *S. Aureus* was decreased by 8,93% and 11.83 for Sample No.1 and Sample No.3, respectively. The bacteria cultivated area of *S. Aureus* was increased by 16.35%, 4.82%, 5.11% for Sample No.2, Sample No.4, Sample No.5, respectively.

3.5.2. Antibacterial test results that conducting at solid form bacteria cultures

The antibacterial activity of *E. Coli* and *S. aureus* are observed in solid bacteria cultures in petri dishes. The death area expansion of *E. coli* and *S. aureus* bacteria cultures were presented in Figure 8.

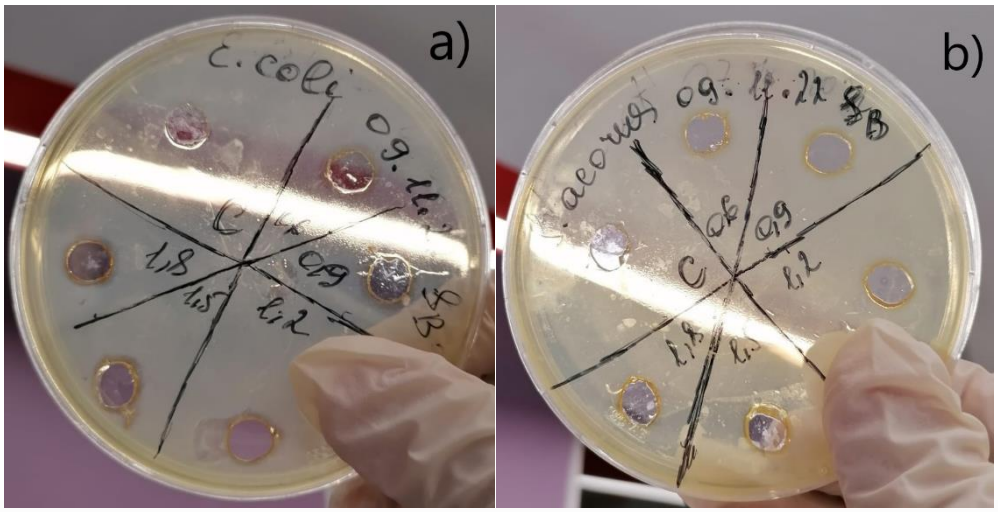


Figure 8. The death area growth of *E. coli* and *S. aureus* bacteria cultures

The results that belong to the antimicrobial test that we conducted in petri dishes are presented as in Table 3 and 4. The death area of *E. coli* was expanded as indicated in Table 3.

Table 3. The death area expansion of *E. coli*

E. coli **time (hour)** / **AgNPs (ml)**	t_1	t_2	t_{24}
Control	0 cm	0 cm	0 cm
0,6	1,1 cm	1,1 cm	1,2 cm
0,9	1,2 cm	1,1 cm	1,2 cm
1,2	0,9 cm	1 cm	1,5 cm
1,5	1,1 cm	1,1 cm	1,1 cm
1,8	0,9 cm	0,9 cm	0,9 cm

The death area of *S. aureus* was expanded as indicated in Table 4.

Table 4. The death area expansion of *S. aureus*

S. aureus **time (hour)** / **AgNPs (ml)**	t_1	t_2	t_{24}
Control	0 cm	0 cm	0 cm
0,6	0,9 cm	1,1 cm	1,1 cm
0,9	1 cm	0,9 cm	1,3 cm
1,2	0,9 cm	0,9 cm	1,3 cm
1,5	1 cm	0,9 cm	1,5 cm
1,8	0,9 cm	0,9 cm	1,3 cm

As the concentration of T-AgNPs increases, the death area of *E. coli* and S. *aureus* increases. For example, the maximum death area was obtained as 5.055 cm^2 for 1.2 ml T-AgNPs solution. As the concentration of T-AgNPs increases the death area of S. *aureus* increases. For example, the maximum

death area was obtained as 5.055 cm^2 for 1.5 ml T-AgNPs solution. Thus, it can be concluded that as the amount of T-AgNPs increased, the area of the death bacteria cells increased, too.

Conclusion

In this study, we developed a facile, green method for the synthesis of silver nanoparticles by using Tarragon (*Artemisia dracunculus*) extract. We proved the formation of silver nanoparticles by UV-vis and FT-IR spectroscopy techniques. Tarragon extract mediated synthesized silver nanoparticles (T-AgNPs) show surface plasmon resonance (SPR) band at initial time of incubation at 420 nm in UV-vis spectra. A strong peak was observed at 3278.39 cm^{-1} indicates presence of O-H stretching and N-H stretching of carboxylic acid and amides linkages groups in the organic molecules. A medium peak at 1629.55 cm^{-1} shows C-H stretching of aromatics groups according to FT-IR spectra of T-AgNPs. Also, we proved the antioxidant properties of synthesized T-AgNPs by both Folin-Ciocalteu and DPPH scavenging methods. According to Folin-Ciocalteu method's results, the excellent correlation coefficient (R^2) value was found to be 0.984 for T-AgNPs. Also, as the amount of T-AgNPs increased, the concentration of DPPH was decreased. Thus, it can be concluded that T-AgNPs created an antioxidant effect on DPPH.

Also, we tested the antibacterial effect of synthesized T-AgNPs on both *E. coli* and *S. aureus* liquid bacteria cultures. For liquid *E. coli* cultures, the control sample was grown by 27%. The growth yield of *E. coli* was decreased to 14.22%, 19.18%, 7.77%, 6.61%, and 0.45% for Sample No.1 (1 ml T-AgNPs), Sample No.2 (2 ml T-AgNPs), Sample No.3 (3 ml T-AgNPs), Sample No.4 (4 ml T-AgNPs), and Sample No.5 (5 ml T-AgNPs), respectively. For liquid *S. aureus* cultures, the control sample was grown by 9.82%. The bacteria cultivated area of *S. aureus* was decreased by 8,93% and 11.83 for Sample No.1 (1 ml T-AgNPs) and Sample No.3 (3 ml T-AgNPs), respectively. The growth area of *S. aureus* was increased by 16.35%, 4.82%, 5.11% for Sample No.2 (2 ml T-AgNPs), Sample No.4 (4 ml T-AgNPs), Sample No.5 (4 ml T-AgNPs), respectively. Also, we confirmed the antibacterial effect test results that obtained by liquid bacteria cultures with the solid bacteria cultures. As the concentration of T-AgNPs increased, the death area of *E. coli* and S. *aureus* had increased. As, the maximum death area of *E. coli* was obtained as 5.055 cm^2 for 1.2 ml T-AgNPs solution. For example, the maximum death area of S. *aureus* was obtained as 5.055 cm^2 for 1.5 ml T-AgNPs solution.

Acknowledgement

This study was conducted at Bioengineering Basic and Application Laboratory of Üsküdar University. The authors thank to the head of Microbiology laboratory of Haydarpasa Numune Training and Research Hospital, Professor Sebahat Aksaray for providing *E. coli* and *S. aureus* bacteria cultures.

Funding statement

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

References

Nasrollahzadeh M, Sajadi SM, Sajjadi M, Issaabadi Z. Chapter 1 - An Introduction to Nanotechnology. In: Nasrollahzadeh M, Sajadi SM, Sajjadi M, Issaabadi Z, Atarod M, editors. Interface Science and Technology. 28: Elsevier; 2019. p. 1-27.

Rahman A, Kumar S, Bafana A, Dahoumane SA, Jeffryes C. Biosynthetic Conversion of Ag^+ to highly Stable Ag^0 Nanoparticles by Wild Type and Cell Wall Deficient Strains of Chlamydomonas reinhardtii. Molecules. 2018 Dec 28;24(1):98.

Shaikh WA, Chakraborty S, Owens G, Islam RU. A review of the phytochemical mediated synthesis of AgNP (silver nanoparticle): the wonder particle of the past decade. Appl Nanosci. 2021;11(11):2625-2660.

Aglarova AM, Zilfikarov IN, Severtseva OV. Biological characteristics and useful properties of tarragon (Artemisia dracunculus L.) (review). Pharmaceutical Chemistry Journal. 2008;42(2):81-6.

Sharafati Chaleshtori R, Rokni N, Razavilar V, Rafieian Kopaei M. The Evaluation of the Antibacterial and Antioxidant Activity of Tarragon (*Artemisia dracunculus L.*) Essential Oil and Its Chemical Composition. Jundishapur J Microbiol. 2013;6(9):e7877.

Hassanzadeh MK, Tayarani Najaran Z, Nasery M, Emami SA. Chapter 92 - Tarragon (Artemisia dracunculus L.) Oils. In: Preedy VR, editor. Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. San Diego: Academic Press; 2016. p. 813-7.

Kordali S, Kotan R, Mavi A, Cakir A, Ala A, Yildirim A. Determination of the chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of *Artemisia dracunculus* and of the antifungal and antibacterial activities of Turkish *Artemisia absinthium*, *A. dracunculus*, *Artemisia santonicum*, and *Artemisia spicigera* essential oils. J Agric Food Chem. 2005 Nov 30;53(24):9452-8.

Mumivand H, Babalar M, Tabrizi L, Craker LE, Shokrpour M, Hadian J. Antioxidant properties and principal phenolic phytochemicals of Iranian tarragon (*Artemisia dracunculus L.*) accessions. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 2017;58, 414-422.

Onuchak LA, Kurkin VA, Minakhmetov RA. HPLC analysis of Artemisia dracunculus extracts. Chem Nat Compd. 2000;36:144-147.

Obolskiy D, Pischel I, Feistel B, Glotov N, Heinrich M. *Artemisia dracunculus L.* (Tarragon): A critical review of its traditional use, chemical composition, pharmacology and safety. J Agric Food Chem 2011;59:11367-11384.

Weinoehrl S, Feistel B, Pischel I, Kopp B, Butterweck V. Comparative evaluation of two different Artemisia dracunculus L. cultivars for blood sugar lowering effects in rats. Phytother Res 2012;26:625-629.

Chauhan N, Tyagi AK, Kumar P and Malik A. Antibacterial Potential of Jatropha curcas Synthesized Silver Nanoparticles against Food Borne Pathogens. Front. Microbiol. 2016;7:1748.

Chen F, Huang G. Antioxidant activity of polysaccharides from different sources of ginseng, International Journal of Biological Macromolecules, 2019;125:906-908.

Dabbagh M, Sookhar M, Safa N. The Evolution of Blockchain: A Bibliometric Study [Ebook]. 2019:1-11.

Ersus S, Yurdagel U. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (Daucus carota L.) by spray drier. Journal of Food Engineering. 2007;80(3):805-12.

Zheng M, Holden D, Hamill T, Lin S, Ropchan J, Najafzadeh S. Comparative study of two glycine transporter 1 radiotracers [11C]GSK931145 and [18F]MK6577 in baboons. J Nucl Med Meeting Abstracts. 2013;54:414.

Presentation ID / Sunum No: 124

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-4437-3872

Green Synthesis of Silver Nanoparticles From Sebin Walnut Septum Extract and Their Antioxidant and Antibacterial Activities

Dr. Öğretim Üyesi Betül Gürünlü[1], Suat Asadov[1]
[1]Üsküdar Üniversitesi

*Corresponding author: Betül Gürünlü

***Abstract**: The origin of walnut samples in this study is from Giresun Province, Şebinkarahisar district, Çileder neighbourhood, Çakır Village. In this study, we collected the walnut septums from Sebin Walnut (Juglans Regia). The septum extract was obtained by adding the septums to the distilled water and heated to 100◦C and held for 4 hours. The obtained septum extract was used for the reduction of AgNO3 to silver nanoparticles. Then, the obtained silver nanoparticles by using Sebin Walnut Septum (S-AgNPs) were characterized by UV-vis and FT-IR spectroscopies. The antibacterial effects of S-AgNPs were observed against to Escherichia coli (E. coli) and Staphylococcus aureus (S. aureus) cultures. UV-vis spectroscopy gives the highest peak at 426 nm and FT-IR results wavelength at 3286 and 1629.85 cm-1 for -OH and –C=O bonds. The particle size and zeta potential values of S-AgNPs were determined by Dynamic Light Scattering (DLS). According to the DLS analysis, the particle size of S-AgNPs were estimated as 49.82 nm and zeta potential of S-AgNPs was found as -22.13 mV. The S-AgNPs showed promising antioxidant properties by Folin-Ciocalteu and DPPH radical scavenging methods. According to Folin-Ciocalteu method results, the excellent correlation coefficient (R2) value was found to be as 1 for S-AgNPs obtained from Sebin Walnut Septums. When the amount of S-AgNPs was increased 5 times, the concentration of DPPH decreased by 3%. The antibacterial activity of S-AgNPs was tested on both E. coli and S. aureus. When 5 ml of S-AgNP solution was used, bacterial death was observed in an area of 0.33 cm2 in solid bacteria cultures for E. coli, while bacterial death was observed in an area of 0.84 cm2 for S aureus. When 2 ml of S-AgNP solution was used, 40.52% bacterial death was observed in liquid bacteria culture of E. coli, while 42.602% bacterial death was observed in S aureus. Methylene blue (MB) absorbs most efficiently at a wavelength of 664 nm, with a shoulder at around 636 nm. Additionally, S-AgNPs' photocatalytic activity tests revealed that the greatest percentage of MB dye degradation enabled by nanoparticles was obtained as 3.6% after 50 min.*

***Keywords:** Sebin, Walnut, Septum, Silver Nanoparticles, Antioxidant, Antibacterial*

Introduction

Biological agents have been acknowledged as a viable technique for green production of silver nanoparticles over traditional physiochemical procedures, which have a variety of limitations. Biomediated nanoparticle synthesis, which primarily employs microorganisms and plants as nanofactories, has grown in popularity over the last few decades. Among other metallic nanoparticles, biosynthesized silver nanoparticles have showed beneficial physical, chemical, and antibacterial characteristics [1]. Greenly synthesised silver nanoparticles (AgNPs) provide a number of benefits, including energy efficiency, low toxicity, high yields, cost effectiveness, environmental friendliness, and fast accessibility [2-7]. AgNPs may be created using both top-down and bottom-up methods.

Biological techniques, sometimes referred to as "green synthesis," which are generally carried out using medicinal plants, have benefits over chemical and physical processes since they are less expensive, more environmentally friendly, and more widely accessible. In particular, the use of medicinal plant extracts and optimization conditions, processes, and characterization methodologies for AgNPs are reviewed in this work, along with the implications of various factors on green synthesis.

Various uses for biosynthesized AgNPs from herbal plants such as walnut septum are also given in this study. In literature, there are many studies about the medicinal usage of walnut septums. Walnut septum extract's effects on GBM cell survival and its antibacterial activities were researched by Genovese et al. in 2020. The cytostatic activity of walnut septum extract against the human GBM cell line (A172) was thoroughly investigated, and it can be inferred from the findings of these research that walnut extract can inhibit GBM proliferation and migration [8].

Rusu et al. demonstrated that *Juglans regia* septum and kernel extracts had a variety of actions, including hepatoprotective, immunostimulant, and neuroprotective effects due to their antioxidant activity. It was discovered that D-galactose (D-Gal) injection caused hepatic damage in rats, as evidenced by a decrease in the liver organ index, an increase in aspartate aminotransferase (ASAT) and alanine aminotransferase (ALAT) levels, a decrease in glutathione levels, and an increase in malondialdehyde (MDA) levels, all of which are biomarkers of oxidative damage [9].

Treatment with walnut septal extract (WSE) and walnut kernel (WK) may restore normal levels and reduce the impact of oxidative stress on those settings. The oxidative stress also disrupted the hematological profile, and treatment with J. regia extract restored this profile by restoring normal amounts of lymphocytes, red and white blood cells, and platelets. These immunostimulant effects were particularly observed in WSE due to its immunostimulant composition, which mostly consisted of quercitrin (quercetin-3-O-rhamnoside), isoquercitrin (quercetin 3-D-glucoside), hyperoside (quercetin 3-D-galactoside), and two phytosterols (β-sitosterol and campesterol).

The Folin Ciocalteu technique and the DPPH radical scavenging experiment both demonstrated that the bioactive components in walnut septum extracts had intriguing antioxidant potential. Polyphenols and tocopherols, for example, have high concentrations on the order of 1575 and 20 mg/100 g, respectively [10]. The polyphenolic character of walnut septum has already been discussed.

In this study, we used the extract of Sebin walnut's septums for the reducing of $AgNO_3$ to Ag^0 nanoparticles. Then, we proved the presence of the AgNPs by UV-Vis spectrophotometry, FTIR spectroscopy, particle size distribution and zeta potential analysis which are examples of common characterisation methods for the determination silver nanoparticles.

Materials and method

Materials

Walnut samples (Juglans regia L.) were collected during the September of 2022 harvest from Giresun Province, Şebinkarahisar district, Çileder neighborhood, Çakır Village that is located in the Black Sea region of northeastern Türkiye. Silver nitrate ($AgNO_3$) was purchased from ZAG Chemicals, Türkiye. Folin-Ciocalteu's phenol reagent was purchased from Merck, Germany. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) was purchased from Sigma-Adrich, MilliporeSigma, Germany.

2.2. Experimental method

2.2.1. Septum extraction

0.5 g of septum was added to 50 ml of distilled water. It was left to boil at 100 °C for 4 hours. Then, the boiled septum-water mixture was filtered using blue filter paper (Macherey Nagel, MN 616, 110 mm diameter). The filtrate was deposited under the filter paper while the septum remained above the filter paper. The accumulated filtrate was stored as septum extract to be used for synthesis.

2.2.2. Synthesis of silver nanoparticles

A 1.25 mM $AgNO_3$ solution was prepared by adding 0.02125 g $AgNO_3$ to 100 ml distilled water. 5 ml of septum extract was added to the prepared 100 ml $AgNO_3$ solution. After the septum extract was added to the $AgNO_3$ solution and the mixture was heated to 100 °C by stirring the magnetic stirrer at 500 rpm. After 20 minutes, the color of the mixture changed from light yellow to brown.

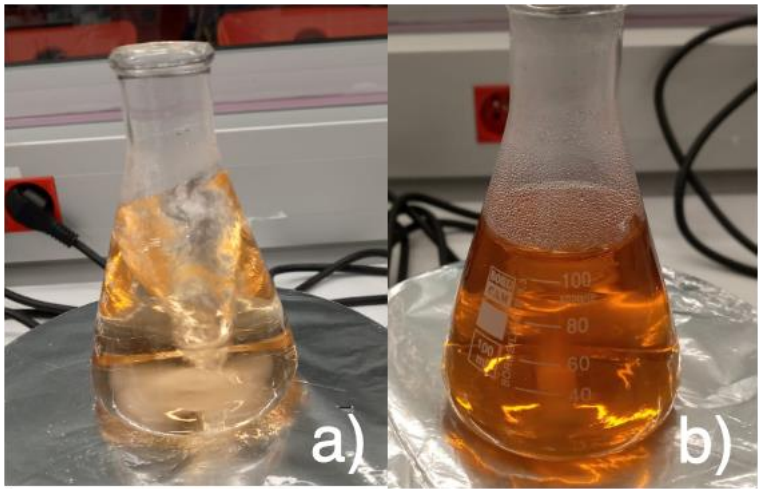


Figure 1. a) The beginning time when the septum extract was added to the $AgNO_3$ solution **b)** After 20 minutes passed from the addition of the septum extract to the $AgNO_3$ solution, the colour change, that is respresentative of the AgNPs production, was observed.

2.3. Characterization studies

The biosynthesized nanoparticles were characterized using various analytical techniques. UV visible (UV-vis) spectra of S-AgNPs reaction mixture was recorded between 200 - 600 nm wavelength by using Shimadzu UV-1900i spectrophotometer, Japan. The functional groups were analysed by using Jasco FT/IR-4700 spectrometer of Japan over the wavelength range from 500 to 4000 cm^{-1}.

2.4. Antioxidant assay

In order to measure the antioxidant properties of silver nanoparticles synthesized by using septum extract, the Folin- Ciocalteu procedure and DPPH scavenging method were applied.

As a scope of Folin-Ciocalteu procedure, first 6 test tubes were taken and labelled as blank and s1-s5 (sample 1 - sample 5). Secondly, 0.5 mL of gallic acid sample solutions were added to the related labeled tubes (s1-s5). Thirdly, 0.5 mL of distilled water was added to the blank tube. After that, 2 mL of diluted Folin-Ciocalteu's phenol reagent was added to each tube and mixed well. In next step, 1 mL of Na_2CO_3 solution was added to each tube and mixed well. The samples were incubated at room temperature for 30 min in dark. Finally, their absorbances were measured at 765 nm against the blank. Also, for comparison, gallic acid was used as the standard in the concentration range of 20-100 mg/L. The results were determined from the standard curve and were expressed as gallic acid equivalent (mg GAE/mL of extract).

As a scope of DPPH technique, 1 liter of 304 µmol solution of DPPH was prepared using methanol as solvent. 0.5 ml of the 304 µmol DPPH solution prepared was placed in each of the 4 sample tubes. No.1 test tube labeled as control. Only 1.5 ml of methanol and 0.5 ml of DPPH were put into the test tube labeled as control. Silver nanoparticles in the range of 0.1-0.5 ml were placed in each test tube from test tube 2 to test tube 6, in 0.1 ml increments. Methanol was added to the test tubes from the 2nd test tube to the 6th test tube, respectively, in the range of 1.4 – 1.0 ml, by decreasing 0.1 ml. This test was carried out in the dark. The tubes were centrifuged at 1500 rpm for 15 min at room temperature in the centrifuge. After centrifugation was completed, photometry analyzes were performed in UV spectrometry at 517 nm using the control sample as reference.

2.5. Antimicrobial assay

The *E. coli* (gram negative bacteria) and *S. aureus* (gram positive bacteria) were provided by University of Health Sciences, Haydarpasa Numune Training and Research Hospital, Microbiology Laboratuary, Türkiye. 100 ml distilled water was added to 4 g Luria Bertani (LB) broth-agar and then this LB both solution was autoclaved for 2 hours. After that, the LB broth-agar solution was pour into the petri dishes. After these broth was held for 2 hours and then *E. coli* and *S. aureus* bacteria cultures were cultivated

in these petri dishes by using cell spreader. These bacteria cultivated sample bottles was held in drying oven at 37 ◦C for bacteria growth for 24 hours. The solid bacteria cultures were divided into six different parts and the hole having a 0.8 cm diameter was done by using a plastic drinking straw on each divided part. Finally, S-AgNPs changing between 1 - 5 ml were pour into these holes in order to monitor the antibacterial activity of the nanoparticles.

For the liquid bacteria cultures, 100 ml distilled water was added to 2.5 g Luria Bertani (LB) broth and then this LB broth solution was autoclaved for 2 hours. After that, the LB broth solution was pour into two different sample bottles for *E. coli* and *S. aureus*. Then, 1ml of each of the bacteria strains was put into separate sample bottles for *E. coli* and *S. aureus*. These bacteria cultivated sample bottles was held in incubator (Microtest) at 37 ◦C by applying the agitation at 150 rpm for bacteria growth for 24 hours. After the preparation of the liquid bacteria cultures, they were preserved at 4 ℃ in the refrigerator. Prior to use, the bacteria samples were heated to 37 ◦C and then different amounts of S-AgNPs changing between 1 - 5 ml were applied the separate bacteria samples which including 4 ml amount in each.

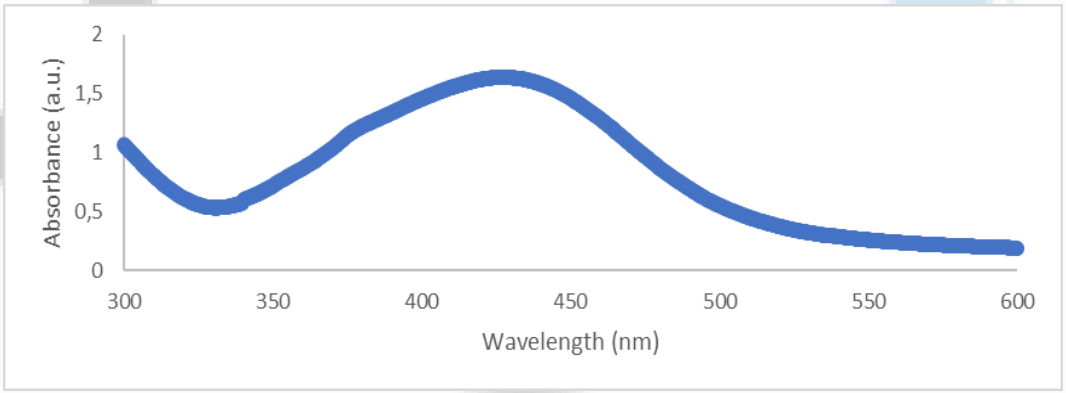
2.6. Photocatalytic activity assay

We prepared a 100 ml solution of methylene blue that having concentration of $5*10^{-5}$ M. We prepared a 100 ml solution of 0.005 M $NaBH_4$, also. 2 ml MB solution + 0.95 ml $NaBH_4$ solution + 0.05 ml AgNPs were placed in a vial. We obtained UV-vis spectrum in every 10 minutes between 0-60 minutes by irradiating the solution by a light source to simulate daylight on it.

Results and Discussion

The results of characterization studies, test results that representing the antioxidant, antibacterial effects of S-AgNPs and photocatalytic activity of S-AgNPs were given and interpreted in this section.

3.1. UV-vis analysis results



3.3. Antioxidant assay results

3.3.1. Folin-Ciocalteu method results

In order to determine the antioxidant capacity of S-AgNPs, Folin-Ciocalteu method was applied.

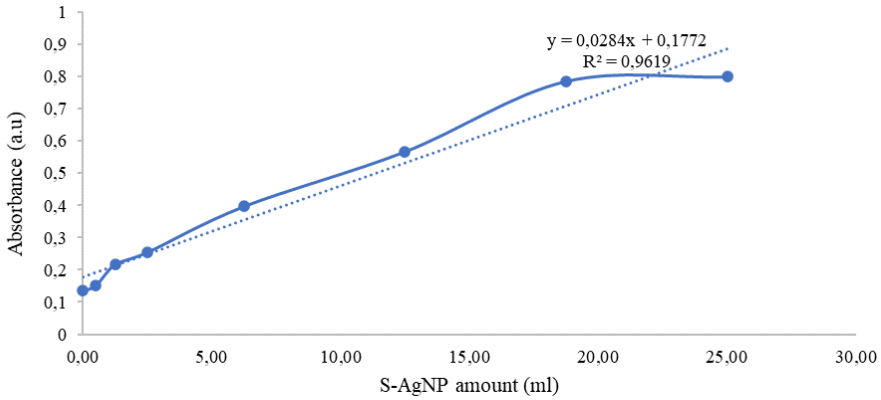


Figure 5. Folin-Ciocalteu method results of S-AgNPs

According to Folin-Ciocalteu results, the excellent correlation coefficient (R^2) value was found to be 0.9616 for S-AgNPs obtained from Sebin Walnut Septum as presented in Figure 5.

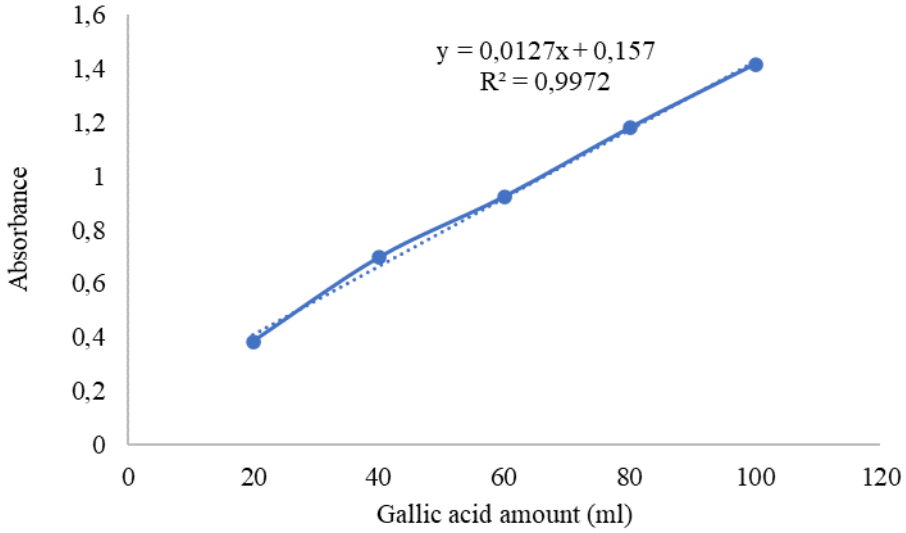


Figure 6. Folin-Ciocalteu method results of Gallic acid

According to Folin-Ciocalteu results, the excellent correlation coefficient (R^2) value was found to be 0.9972 for Gallic acid as presented in Figure 6.

3.3.2. DPPH scavenging method results

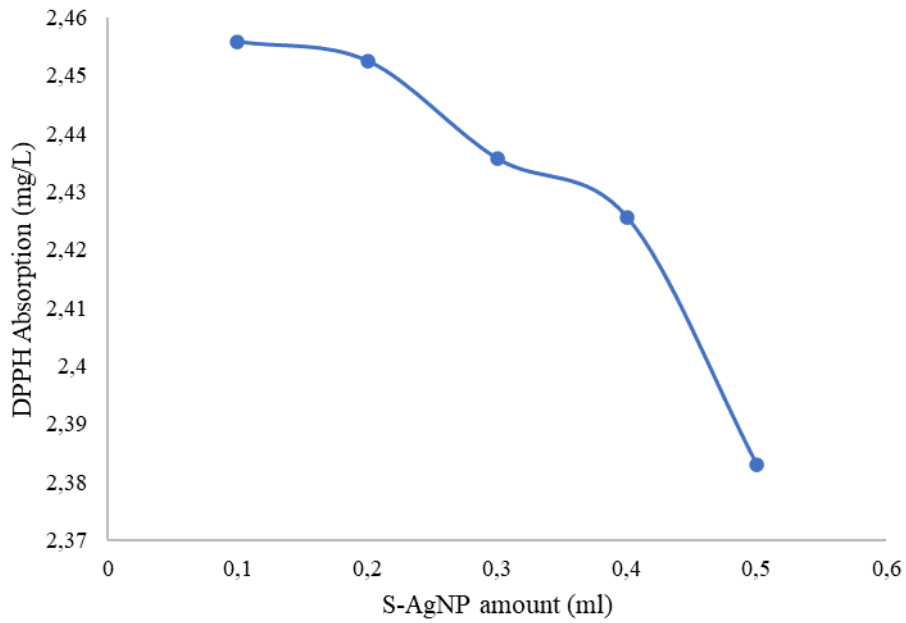


Figure 7. The relation between the S-AgNPs' amount and the DPPH concentration

As the amount of S-AgNPs increased, the concentration of DPPH was decreased. Thus, it can be concluded that S-AgNPs created an antioxidant effect on DPPH.

3.4. Antibacterial assay results

3.4.1. Antibacterial test results that conducting at solid form bacteria cultures

The antibacterial activity of S-AgNPs on *E. coli* and *S. aureus* solid bacteria cultures are observed in Figure 8.

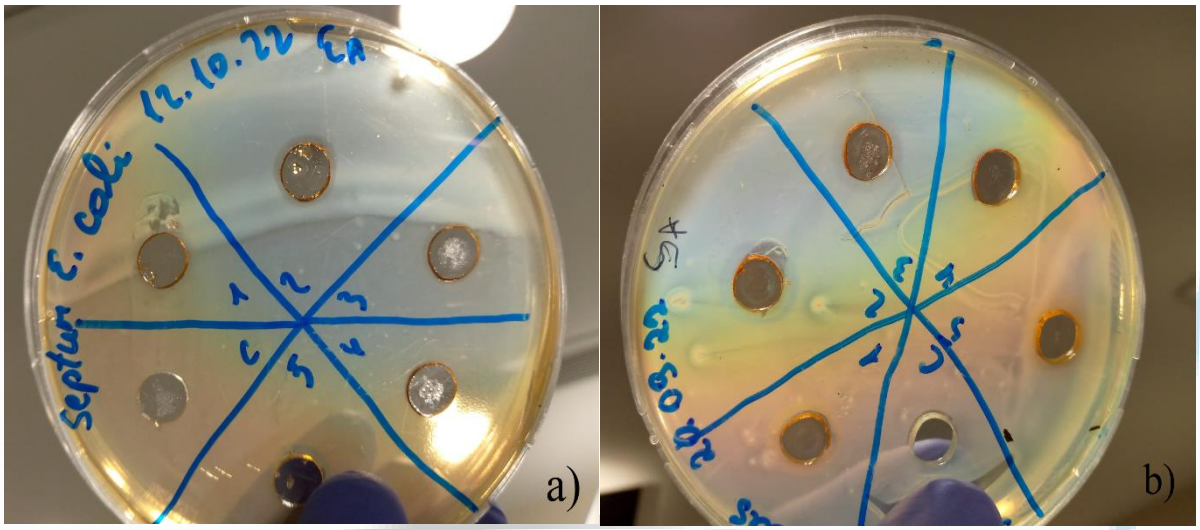


Figure 7. The images of the bacteria cultures (a)E. Coli and b) S. Aureus) after exposing to the S-AgNPs

Table 2. The expansion of the death area which different bacteria cell types on agar plate

E. coli Time (hr) / S-AgNPs concentration (ml)	T_1	T_2	T_3	T_{20}	T_{24}
1	1	1,1	1,1	1,1	1,1
2	1	1,1	1,1	1,1	1,1
3	0,9	0,9	1	1	1
4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
5	0,9	1	1,2	1,2	1,2
S. aureus Time (hr) / S-AgNPs concentration (ml)	**T_1**	**T_2**	**T_3**	**T_{20}**	**T_{24}**
1	1	1	1	1	1,1
2	0,9	0,9	0,9	1,2	1,2
3	0,8	0,9	1	1	1,1
4	0,9	1	1	1	1,1
5	0,9	1	1	1,3	1,5

When 5 ml of S-AgNP solution was used, bacterial death was observed in an area of 0.33 cm^2 in solid bacteria cultures for *E. coli*, while bacterial death was observed in an area of 0.84 cm^2 for *S aureus*.

3.4.2. Antibacterial test results that conducting at liquid form bacteria cultures

The antibacterial effects of the silver nanoparticles synthesized by using Sebin Walnut (*Juglans Regia*) Septum (S-AgNPs) on the liquid form of *E. coli* and *S. aureus* bacteria cultures were tested. The results were given in Table 3.

Table 3. The decrease of the concentration of *E.coli* and *S. aureus* bacteria cultures in liquid form in glass tube

E. coli	**T_0**	**T_1**	**T_2**	**T_3**	**T_{24}**
Control	1,6278	1,6671	1,6247	1,7516	2,4203
1	2,3028	2,3253	2,2447	2,2594	1,7476
2	2,3799	1,7067	2,3940	2,1340	1,4156
3	2,4590	1,7620	2,5179	2,3543	1,6163
4	2,4451	2,4388	2,5332	2,5106	2,1647
5	2,1823	2,2258	2,2161	2,2193	1,4051
S. aureus	**T_0**	**T_1**	**T_2**	**T_3**	**T_{24}**
Control	0,7448	0,7943	0,8370	1,1849	2,4203
1	2,0979	2,2084	2,1196	2,0798	1,7476
2	2,4667	1,8415	2,2888	2,1264	1,4156
3	2,4768	1,6445	2,0547	1,9640	1,6163
4	2,6974	1,5112	2,3178	2,3225	2,1647
5	1,8994	1,7670	1,8389	1,9109	1,4051

When 2 ml of S-AgNP solution was used, 40.52% bacterial death was observed in liquid bacteria culture of *E. coli*, while 42.602% bacterial death was observed in *S aureus*.

The control sample was grown by 32.73% for *E. coli*. The bacteria cultivated amount of *E. coli* was decreased by 24.11%, 40.52%, 34.30%, 11.47%, and 35.82% for Sample No.1, Sample No.2, Sample No.3, Sample No.4, and Sample No.5, respectively. The control sample was grown by 69.21% for *S. aureus*. The bacteria cultivated amount of *S. aureus* was decreased by 17.06%, 42.60%, 34.76%, 19.74%, and 26.02% for Sample No.1, Sample No.2, Sample No.3, Sample No.4, and Sample No.5, respectively. The same decreasing trend was observed in both *E. coli* and *S. aureus* bacteria concentration for the indicated amounts of S-AgNP.

3.5. Photocatalytic degradation test results by methylene blue

Methylene blue (MB) absorbs most efficiently at a wavelength of 664 nm, with a shoulder at around 636 nm. Additionally, S-AgNPs' photocatalytic activity tests revealed that the greatest percentage of MB dye degradation enabled by nanoparticles was obtained as 4,55% after 60 min as indicated in Figure 8.

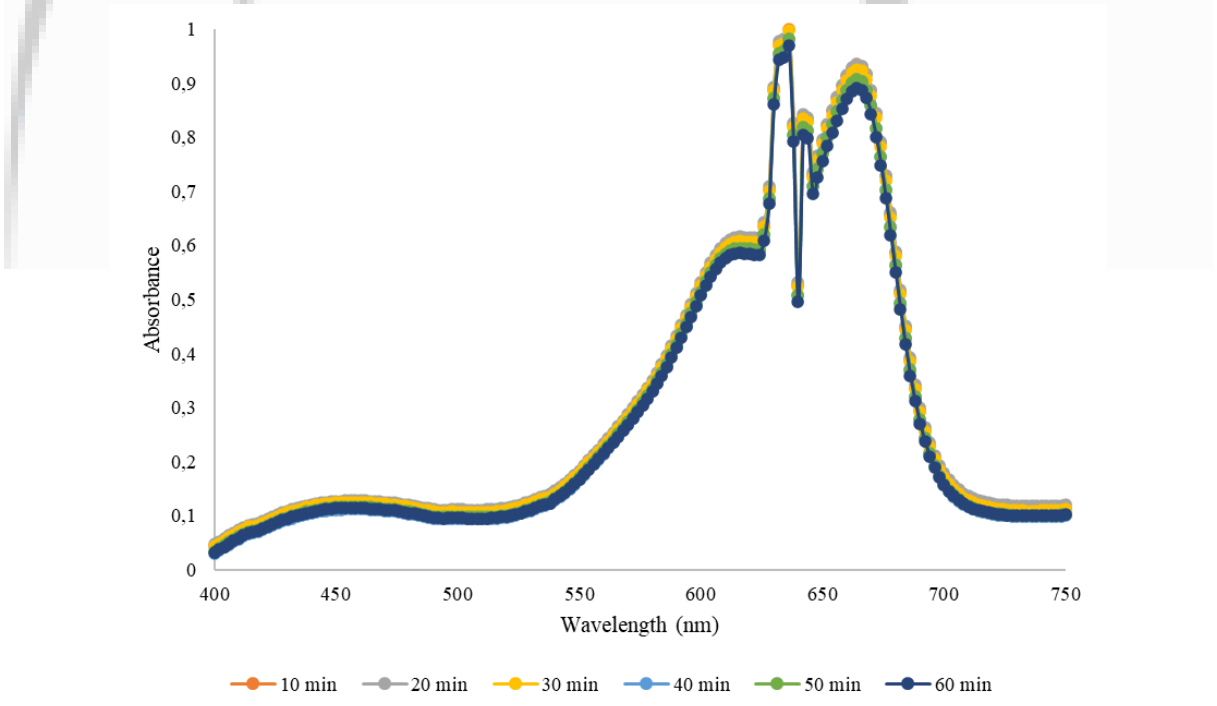


Figure 8. The degradation of Methylene Blue in the presence of S-AgNPs in 60 min.

Conclusion

UV-vis spectroscopy gives the highest peak at 426 nm and FT-IR results wavelength at 3274.54 and 1631.48 cm^{-1} for -OH and –C=O bonds. The particle size and zeta potential values of S-AgNPs were determined by Dynamic Light Scattering (DLS). According to the DLS analysis, the particle size of S-AgNPs were estimated as 49.82 nm and zeta potential of S-AgNPs was found as -22.13 mV. According to Folin-Ciocalteu method results, the excellent correlation coefficient (R^2) value was found to be as 0.9616 for S-AgNPs obtained from Sebin Walnut Septums. When the amount of S-AgNPs was increased 5 times, the concentration of DPPH decreased by 3%. The antibacterial activity of S-AgNPs was tested on both *E. coli* and *S. aureus*. When 5 ml of S-AgNP solution was used, bacterial death was observed in an area of 0.33 cm^2 in solid bacteria cultures for *E. coli*, while bacterial death was observed in an area of 0.84 cm^2 for *S aureus*. When 2 ml of S-AgNP solution was used, 40.52% bacterial death was observed in liquid bacteria culture of *E. coli*, while 42.602% bacterial death was observed in *S aureus*. Methylene blue (MB) absorbs most efficiently at a wavelength of 664 nm, with a shoulder at around 636 nm. Additionally, S-AgNPs' photocatalytic activity tests revealed that the greatest percentage of MB dye degradation enabled by nanoparticles was obtained as 3.6% after 50 min.

References

[1] Tehri N, Vashishth A, Gahlaut A, Hooda V. Biosynthesis, antimicrobial spectra and applications of silver nanoparticles: current progress and future prospects, Inorganic and Nano-Metal Chemistry, 2022; 52(1), 1-19.

[2] Alharbi NS, Alsubhi NS, Felimban AI. Green synthesis of silver nanoparticles using medicinal plants: Characterization and application, Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 2022;15(3):109-124.

[3] Bindhu MR, Umadevi M. Antibacterial and catalytic activities of green synthesized silver nanoparticles, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2015;135:373-378.

[4] Marimuthu S, Rahuman AA, Rajakumar G, Santhoshkumar T, Kirthi AV, Jayaseelan C, Bagavan A, Zahir AA, Elango G, Kamaraj, C. Evaluation of green synthesized silver nanoparticles against parasites. Parasitol Res, 2011:108;1541–1549.

[5] Sharma VK, Yngard RA, Lin Y. Silver nanoparticles: green synthesis and their antimicrobial activities. Advances in colloid and interface science, 2009;145(1-2), 83-96.

[6] Velusamy P, Das J, Pachaiappan R, Vaseeharan B, Pandian K. Greener approach for synthesis of antibacterial silver nanoparticles using aqueous solution of neem gum (Azadirachta indica L.). Industrial crops and products, 2015; 66:103-109.

[7] Verma A, Mehata MS. Controllable synthesis of silver nanoparticles using Neem leaves and their antimicrobial activity. Journal of radiation Research and applied sciences, 2016;9(1):109-115.

[8] Genovese, C., Cambria, M. T., D'angeli, F., Addamo, A. P., Malfa, G. A., Siracusa, L., Salmeri, M. (2020). The double effect of walnut septum extract (Juglans regia L.) counteracts A172 glioblastoma cell survival and bacterial growth. International journal of oncology, 57(5), 1129-1144.

[9] Rusu, M. E.; Georgiu, C.; Pop, A.; Mocan, A.; Kiss, B.; Vostinaru, O.; Fizesan, I.; Stefan, M.-G.; Gheldiu, A.-M.; Mates, L. Antioxidant Effects of Walnut (Juglans Regia L.) Kernel and Walnut Septum Extract in a D-Galactose-Induced Aging Model and in Naturally Aged Rats. Antioxidants 2020, 9(5), 424.

[10] Bourais, I., Elmarrkechy, S., Taha, D., Mourabit, Y., Bouyahya, A., El Yadini, M., ... & Iba, N. A Review on Medicinal Uses, Nutritional Value, and Antimicrobial, Antioxidant, Anti-Inflammatory, Antidiabetic, and Anticancer Potential Related to Bioactive Compounds of J. regia. Food Reviews International, 2022;1-51.

Presentation ID / Sunum No: 125

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-7204-9028

Sebin Cevizi (Juglans Regia) Ağaç Yapraklarından Gümüş Nanopartiküller: Yeşil Sentezi ve Antioksidan, Antibakteriyel ve Fotokatalitik Aktiviteleri

Dr. Öğretim Üyesi Betül Gürünlü[1], Suat Asadov[1]
[1]Üsküdar Üniversitesi

*Corresponding author: Betül Gürünlü

Özet: *Bu çalışmada kullanılan ceviz yaprağı örnekleri Giresun İli, Şebinkarahisar ilçesi, Çileder Mahallesi, Çakır Köyü'nden toplanmıştır. Bu çalışmada Şebin Cevizinden (Juglans Regia) elde edilen ceviz yapraklarını kullandık. Yapraklar inkübatörde 37-40 ◦C sıcaklıkta kurutulmuştur. Kurutulan yapraklar kaynayan suya konularak özütleri çıkarılmıştır. Daha sonra süzülmüştür. Elde edilen ekstrakt AgNO3 ile çözeltisi ile 90◦C'de 15 dk boyunca karıştırılmıştır. Çözeltide açık sarıdan kırımızı renge dönüşümü gözlenerek gümüş nanoparçacık sentezlendiği anlaşılmıştır. Daha sonra Şebin cevizi yapraklarından sentezlenen gümüş nanoparçacıklara (Y-AgNP) UV-vis, FT-IR ve DLS parçacık boyutu ve zeta potansiyel analizleri yaopılmıştır. UV-vis test sonuçlarına göre sentezlenen Y-AgNP'ler 439.4 nm dalgaboyunda karakteristik gümüş nanoparçacık pikini vermiştir. FT-IR sonuçlarına göre ise Y-AgNP'ler, -OH ve –C=O bağları için 3274.54 ve 1631.48 cm-1 dalga boyunda pikler vermiştir. DLS test sonuçlarına göre ise sentezlenen Y-AgNP'lerin 85.06 nm parçacık boyutu ve -27 mV zeta potansiyel değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Folin-Ciocalteu yöntemi sonuçlarına göre Y-AgNP'ler için mükemmel korelasyon katsayısı (R2) değeri 0,9552 olarak bulunmuştur. S-AgNP miktarı 5 kat arttırıldığında DPPH konsantrasyonu %27,61 azalmıştır. Sıvı bakteri kültürleriyle yapılan antioksidan etki testlerinde 0.7 ml Y-AgNP örneği E.coli'nin büyüme oranını %55'ten %1'e indirgerken, 2,7 ml Y-AgNP örneği S. aureus'un büyümesini %30'tan %4,4'e indirgemiştir. 0,9 ml Y-AgNP örneği kullanıldığında katı bakteri kültürlerinde E. coli için 0,48 cm2, S. aureus katı bakteri kültüründe ise 0,7 ml Y-AgNP için 0,48 cm2 alanda bakteri ölümü gözlemlendi. Metilen mavisi (MM), UV-vis analizi sonucu 636 nm ve 666 nm dalgaboyunda parçalı bir pik göztermiştir. Ek olarak, Y-AgNP'lerin fotokatalitik aktivite testleri, nanopartiküllerin sağladığı en büyük MM boya bozunma yüzdesinin 60 dakika sonra %7,98 olarak elde edildiğini ortaya koymuştur.*

Anahtar Kelimeler: *Şebin, Ceviz, Yaprak, Gümüş Nanoparçacık, Antioksidan, Antibakteriyel*

Giriş

Diyetle ilgili kronik hastalıklar dünya çapında artış göstermekte ve tüm ölümlerin %60'ının sebebini oluşturmaktadır. İngiliz Kalp Vakfı'nın istatistiklerine göre, kardiyovasküler hastalıktan ölen insanların üçte birinin nedeni düzensiz ve dengesiz ve bilinçsiz beslenmedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, her yıl 16,7 milyon insan kardiyovasküler hastalıktan ve 7,9 milyon insan kanserden ölmektedir. Türk Kalp Vakfı'na göre Türkiye'de her 2,5 dakikada sadece bir kişi kalp damar hastalığından ölmektedir. Avrupa ülkelerinde 25 milyon diyabet hastası bulunmaktadır ve 200 milyonun üzerinde obezite riskine sahip insan yer almaktadır. Bu hastalıklarla mücadele için yapılan harcamalar çok büyük rakamlara ulaşmaktadır [1].

Fonksiyonel gıdalar ile ilgili ilk araştırma çalışmaları 1980'li yıllarda Japonya'da başlamış ve Global Nutraceuticals Market Data'ya (2008) göre en büyük paya Amerika Birleşik Devletleri (3) sahip olup, bunu AB ülkeleri ve Japonya takip etmektedir. Cevizin kan kolesterolünü düşürdüğü, osteoporotik ve antikanserojen etkilere sahip olduğu ve antioksidan etkilere sahip olduğu bildirilmiştir. Bu maddelerin istenmeyen bakteriyel enfeksiyonları baskılayabildiği bilinmektedir [2].



Şekil 1. Şebin cevizinin fiziksel görünüşü [3]

Türkiye'nin ceviz üreten birçok bölgesinde standart olan "Sebin", Şebinkarahisar'da fide olarak başlayan bir İran ceviz çeşididir. Verimli bir çeşittir ve erken meyve verir. Geç yapraklanma nedeni ile ilkbahar geç donlarına tolerans sağlamaktadır. Yan dallarda yeterli oranda meyve teşekkülü bulunmaktadır. Salkımda meyve sayısı en az 2-4 adet yer almaktadır. İnce kabuklu özelliktedir. İç cevizi kabuktan kolay ve bütün olarak çıkmaktadır. İç cevizi açık renklidir. İç büzüşmesi düşük oranda olur. "Sebin" in yüksek tane oranı, üstün verimi, yüksek yemiş kalitesi ve erken olgunlaşması, çekiciliğindeki faktörlerdir. Ortalama fındık ağırlığı 9.95 ile 12.40 g arasında, ortalama iç ağırlığı ise 6.25 ile 7.85 g arasında değişmektedir [4]. Şebin cevizi (*Juglans regia*) orta büyüme hızına sahiptir ve yan tomurcuklarının %50'si verimlidir. Nisan başında yapraklanmaya başlar ve ortalama 11 gr ağırlığında ve %67 iç çekirdekli yemişleri vardır. Eylül sonunda meyveler olgunlaşmaya başlar [5,6]. Kabuk kalınlığı 0,65 mm, tane ağırlığı 7 g, yağ içeriği %65, protein içeriği %18, kül içeriği %1,7'dir [7]. Salkımdaki meyve sayısı 2-4'tür. Şebin cevizinin antioksidan özelliğinin artmasında toplam tokoferol içeriğinin %36,3 olması büyük rol oynamaktadır. Yağ asidi içeriğine bakıldığında Şebin cevizinin %55.03 linoleik asit, %14.17 linolenik asit, %19.06 oleik asit ve %7.81 palmitik asit içerdiği bildirilmiştir. İç ceviz kabuğundan kolayca ayrılır ve bir bütün olarak çıkar. Şebin cevizinden elde edilen 100 gr yağın tokoferol içeriği incelendiğinde toplam tokoferol miktarı 36,9 mg olup, bunun 1,4 mg α-Tokoferol, 33,1 mg γ + β-Tokoferol, 2,4 mg δ-Tokoferol olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada, saygın Sebin ceviz bazlı gümüş nanopartiküller (Y-AgNP'ler) için bir sentez yöntemi geliştirdik ve ardından Y-AgNP'lerin antioksidan, antibakteriyel ve fotokatalitik etkilerini inceledik. Y-AgNP'lerin antioksidan etkilerini kanıtlamak için öncelikle Folin-Ciocalteu ve DPPH tekniklerini uyguladık. İkinci olarak, sentezlenen S-AgNP'lerin hem *Escherichia Coli* (*E.coli*) hem de *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) bakteri türlerinin sıvı ve katı kültürleri üzerindeki antibakteriyel etkisini test ettik. Fotokatalitik aktivitesini belirlemek amacıyla metilen mavisi boyası seçilmiştir. Sentezlenen gümüş nanoparçacıkların metilen mavisinin üzerinde fotokatalitik etkisinin belirlenmesi amacıyla boyanın bozunma yüzdesi hesaplanmıştır.

Materyal ve Metot

2.1. Kullanılan malzemeler

Bu çalışmada kullanılan ceviz yaprağı örnekleri Giresun İli, Şebinkarahisar ilçesi, Çileder Mahallesi, Çakır Köyü'nden Ağustos 2022 hasadından toplanmıştır. Bu çalışmada Şebin Cevizinden (Juglans Regia) elde edilen ceviz yapraklarını kullandık. Gümüş nitrat ($AgNO_3$), ZAG Chemicals, Türkiye'den satın alınmıştır. Folin-Ciocalteu'nun fenol reaktifi Merck, Almanya'dan satın alındı. 2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), Sigma-Adrich, MilliporeSigma, Almanya'dan satın alınmıştır. *E. coli* (gram negatif bakteri) ve *S. aureus* (gram pozitif bakteri) Sağlık Bilimleri Üniversitesi Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı, Türkiye'den temin edildi.

2.2. Yaprak ekstraktının elde edilmesi

Yapraklar inkübatörde 37-40 ◦C sıcaklıkta kurutulmuştur. Kurutulan yapraklar kaynayan suya konularak özütleri çıkarılmıştır. Daha sonra süzülmüştür. Elde edilen ekstrakt $AgNO_3$ ile çözeltisi ile 90◦C'de 15 dk boyunca karıştırılmıştır. Çözeltide açık sarıdan kırımızı renge dönüşüm gözlenerek gümüş nanoparçacık sentezlendiği anlaşılmıştır.

2.3. Gümüş nanoparçacık sentezi

2.4. Karakterizasyon çalışmaları

Daha sonra Şebin cevizi yapraklarından sentezlenen gümüş nanoparçacıklara (Y-AgNP) UV-vis, FT-IR ve DLS parçacık boyutu ve zeta potansiyel analizleri yapılmıştır. Y-AgNPs reaksiyon karışımının UV görünür (UV-vis) spektrumları, Shimadzu UV-1900i spektrofotometre, Japonya kullanılarak 200 - 600 nm dalga boyu arasında kaydedildi. Fonksiyonel gruplar, 500 ila 4000 cm^{-1} dalga boyu aralığında Japonya'nın Jasco FT/IR-4700 spektrometresi kullanılarak analiz edildi. S-AgNP'lerin parçacık boyutu dağılımı ve zeta potansiyeli, dinamik ışık saçılımı (DLS) spektrofotometri cihazı (Malvern Nano Zeta Sizer) kullanılarak ölçüldü.

2.5. Antioksidan aktivite testleri

2.5.1. Folin-Ciocalteu fenolik reaktif yöntemi

Folin-Ciocalteu ayıracı (FCR) temelli yöntem toplam fenolik (ya da fenol) yöntem olarak bilinir. Fakat gerçekte örneğin indirgeyici kapasitesini ölçer. Fenolik bileşikler sadece bazik koşullarda (pH = 10) FCR ile reaksiyona girer.

Sebin Ceviz yaprakları (Y-AgNPs) kullanılarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerin antioksidan özelliklerini ölçmek için Folin-Ciocalteu prosedürü uygulandı.

İlk 6 test tüpü alındı ve boş ve s1-s5 (örnek 1 - örnek 5) olarak etiketlendi. İkinci olarak ilgili etiketli tüplere (s1-s5) 0,5 mL Gallik asit numune solüsyonları eklendi. Üçüncü olarak kör tüpe 0,5 mL distile su eklendi. Daha sonra her tüpe 2 mL seyreltilmiş Folin-Ciocalteu fenol reaktifi eklendi ve iyice karıştırıldı. Bir sonraki aşamada her bir tüpe 1 mL Na_2CO_3 solüsyonu ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Örnekler oda sıcaklığında 30 dakika karanlıkta inkübe edildi. Son olarak, control örneğine karşı diğer örneklerin 765 nm'de absorbansları ölçüldü. Ayrıca karşılaştırma için 20-100 mg/L konsantrasyon aralığında gallik asit standart olarak kullanıldı. Sonuçlar standart eğriden belirlendi ve Gallik asit eşdeğeri (mg GAE/mL ekstrakt) olarak ifade edildi.

2.5.2. DPPH (1,1-difenil-2- pikrilhidrazil) metodu

Bu yöntem; antioksidanların kararlı bir radikal olan DPPH (1,1-difenil-2- pikrilhidrazil) radikalini süpürücü etkilerini ölçmeye dayalı bir yöntemdir. Bu radikal hidrojenlerle etkilestiginde hidrazine indirgenir. Kırmızı renkli DPPH radikali 515 nm'de maksimum absorbsiyon verir. DPPH çözeltisine antioksidanın ilave edilmesiyle absorbansta düşüş meydana gelir ve antioksidanların varlığıyla radikalin rengi kırmızıdan sarıya döner. Bu yöntem antioksidanların radikal süpürme kabiliyetlerini degerlendiren kolay ve geçerli bir yöntem olarak bilinmektedir

2.6. Antimikrobiyal aktivite testleri

E. coli (gram negatif bakteri) ve *S. aureus* (gram pozitif bakteri) Sağlık Bilimleri Üniversitesi Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı, Türkiye'den temin edildi. 4 gr Luria Bertani (LB) brot-agara 100 ml distile su ilave edildi ve daha sonra bu LB her iki solüsyonu da 2 saat otoklavlandı. Daha sonra petri kaplarına LB brot-agar solüsyonu döküldü. Bu besiyerleri 2 saat bekletildikten sonra hücre yayıcı kullanılarak bu petri kutularında E. coli ve S. aureus bakteri kültürleri üretildi. Bu bakteri kültürlü numune şişeleri bakteri üremesi için 37 ◦C etüvde 24 saat bekletilmiştir.

Sıvı bakteri kültürleri için 2.5 g Luria Bertani (LB) besiyerine 100 ml distile su ilave edildi ve ardından bu LB besiyeri solüsyonu 2 saat otoklavlandı. Daha sonra LB brot solüsyonu E. coli ve S. aureus için iki farklı numune şişesine döküldü. Daha sonra, bakteri suşlarının her birinden 1 ml, E. coli ve S. aureus için ayrı numune şişelerine konuldu. Bu bakteri kültürlü numune şişeleri bakteri üremesi için 24 saat 150 rpm'de çalkalama uygulanarak 37 ◦C'de inkübatörde (Microtest) tutuldu.

2.7. Fotokatalitik aktivite testleri

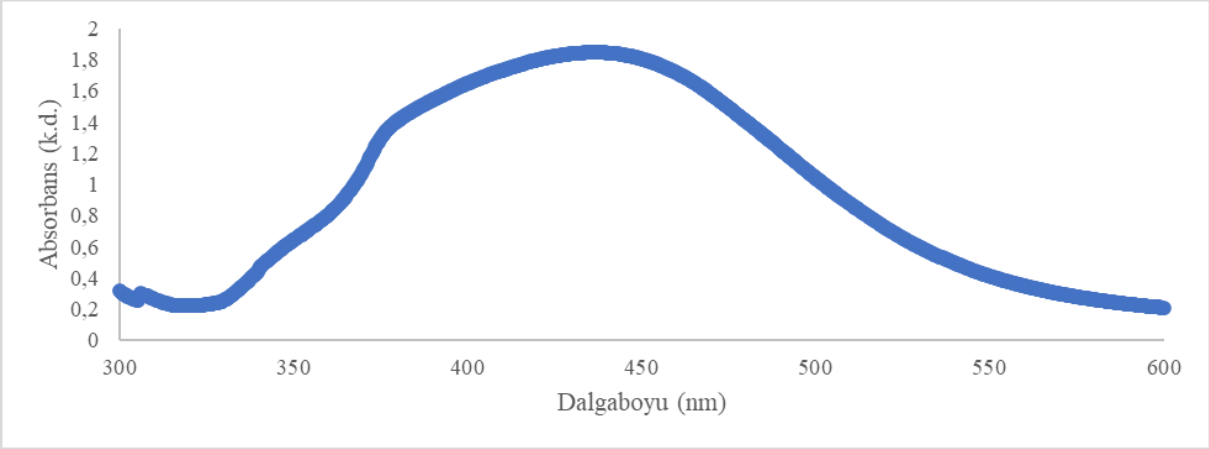
$5*10^{-5}$ M konsantrasyonda 100 ml metilen mavisi çözeltisi hazırladık. Ayrıca 100 ml 0.005 M $NaBH_4$ çözeltisi hazırladık. 2 ml MM solüsyonu + 0.95 ml $NaBH_4$ solüsyonu + 0.05 ml AgNP'ler bir şişeye

yerleştirildi. Çözeltiyi bir ışık kaynağı ile ışınlayarak 0-60 dakika arasında her 10 dakikada bir gün ışığını simüle ederek UV-vis spektrumu elde ettik.

Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

3.1. UV-vis spektroskopisi analiz sonuçları

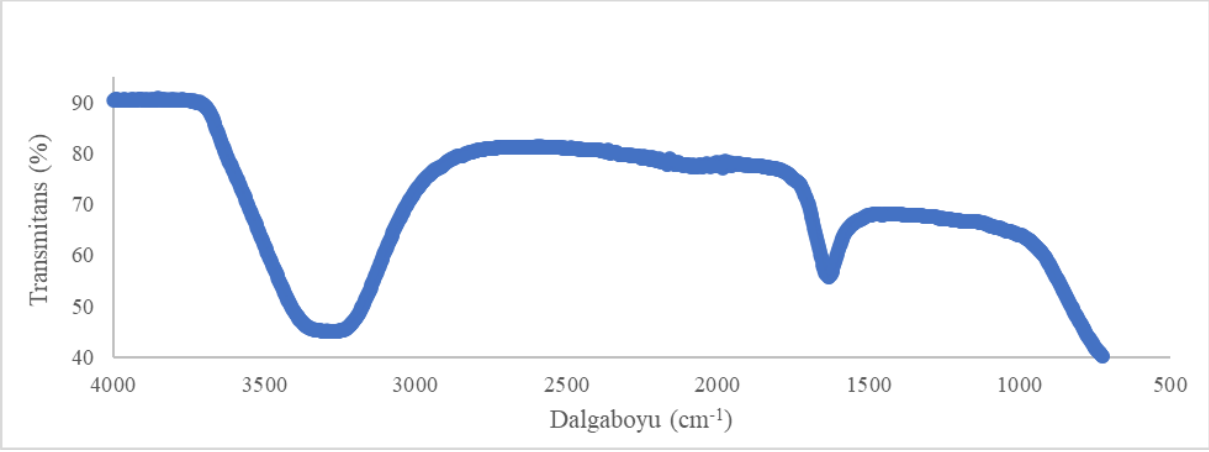
UV-vis analiz sonuçlarına göre sentezlenen Y-AgNP'ler 439.4 nm dalgaboyunda karakteristik gümüş nanoparçacık pikini vermiştir.



Şekil 2. Y-AgNP'lerin UV-vis analizi spektrumu

3.2. FT-IR spektroskopisi analiz sonuçları

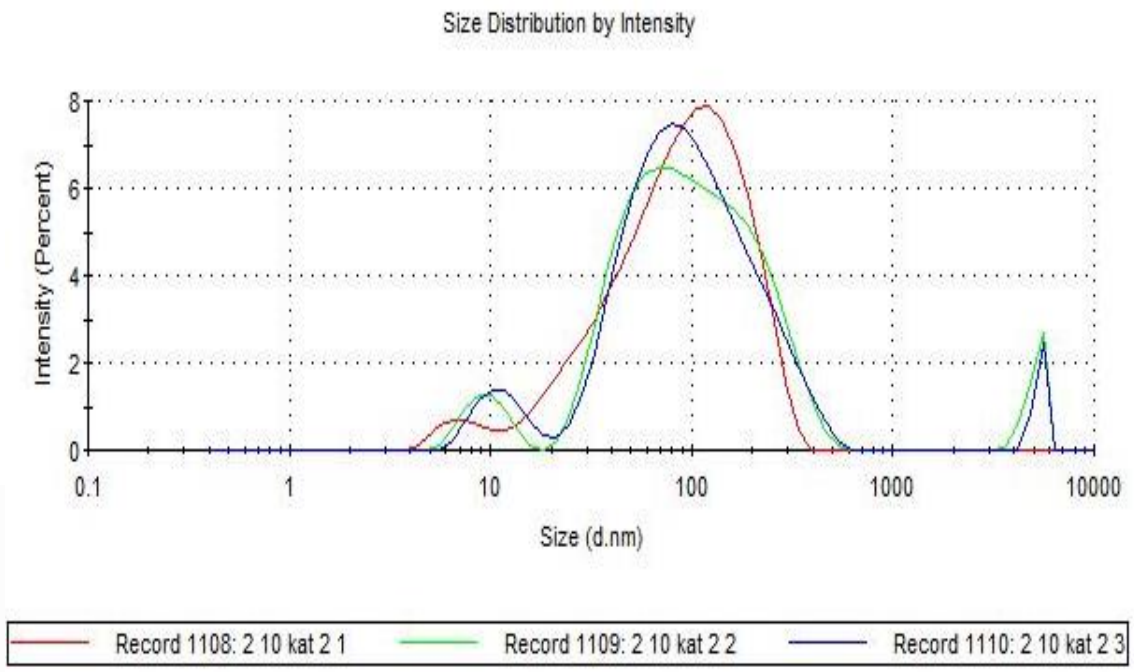
FT-IR sonuçlarına göre ise Y-AgNP'ler, -OH ve –C=O bağları için 3274.54 ve 1631.48 cm^{-1} dalga boyunda pikler vermiştir.



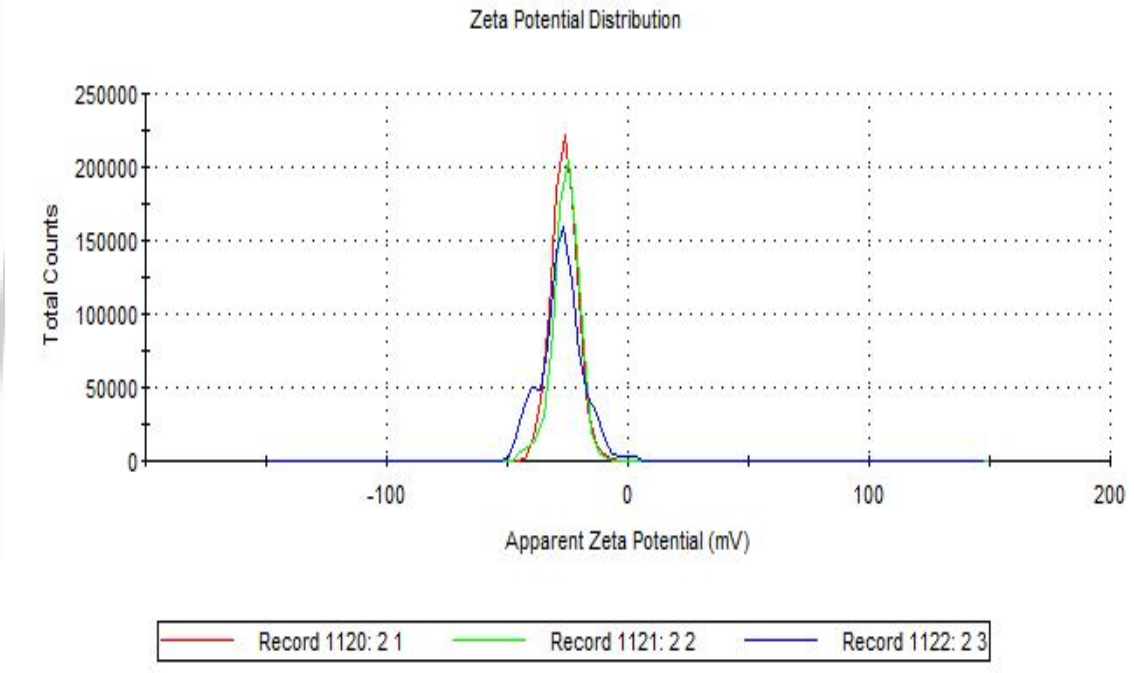
Şekil 3. Y-AgNP'lerin FT-IR analizi spektrumu

3.3. DLS analizi sonuçları

DLS test sonuçlarına göre ise sentezlenen Y-AgNP'lerin 85.06 nm parçacık boyutu ve -27 mV zeta potansiyel değerlerine sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4. Y-AgNP'lerin parçacık boyutu dağılımı

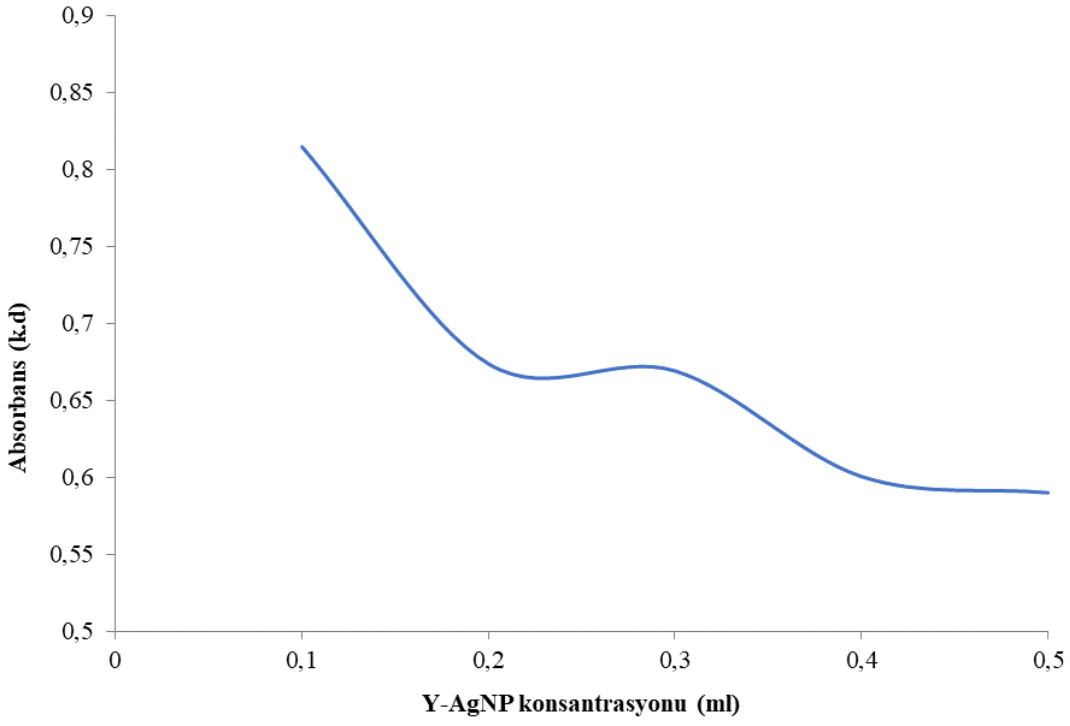


Şekil 5. Y-AgNP'lerin zeta potansiyel dağılımı

DLS test sonuçlarına göre ise sentezlenen Y-AgNP'lerin 85.06 nm parçacık boyutu ve -27 mV zeta potansiyel değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

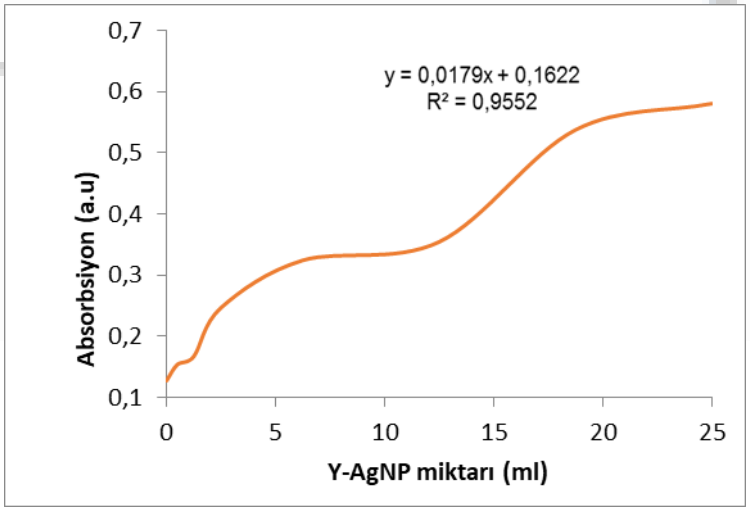
3.4. Antioksidan test sonuçları

S-AgNP miktarı 5 kat arttırıldığında DPPH konsantrasyonu %27,61 azalmıştır.



Şekil 6. DPPH antioksidan test sonuçları

Folin-Ciocalteu yöntemi sonuçlarına göre Y-AgNP'ler için mükemmel korelasyon katsayısı (R^2) değeri 0,9552 olarak bulunmuştur.



Şekil 7. Şebin cevizi yapraklarından sentezlenen Y-AgNP'lerin Folin Ciocalteu tahlil sonuçları

3.5. Antibakteriyel test sonuçları

3.5.1. Sıvı kültür test sonuçları

Sıvı bakteri kültürleriyle yapılan antioksidan etki testlerinde 0.7 ml Y-AgNP örneği *E.coli*'nin büyüme oranını %55'ten %1'e indirgerken, 2,7 ml Y-AgNP örneği S. aureus'un büyümesini %30'tan %4,4'e indirgemiştir.

Tablo 1. Sıvı *E coli* kültür test sonuçları

E coli	T0	T1	T2	T3	T20	T24
C	1.018	1.6544	1.6576	1.676	1.6288	2.0785
0.7	1.9833	1.9147	1.9709	1.9779	2.0308	2.0138
1.2	1.9406	1.7284	1.8867	1.9025	2.0391	2.0494
1.5	1.1448	1.8326	1.3512	2.0183	2.0811	2.1047
1.8	1.7243	1.6509	1.9896	2.031	2.0156	2.0905
2.1	1.5901	1.6175	1.9874	1.9885	2.0615	2.1336
2.4	1.2627	2.37	2.3323	2.3394	2.4062	2.2392
2.7	1.6695	2.2351	2.139	2.237	2.2417	2.2987

Tablo 2. Sıvı *S aureus* kültür test sonuçları

S aureus	T0	T1	T2	T3	T20	T24
C	1.4315	1.4817	1.502	1.4956	1.8455	2.0543
0.7	1.8673	1.9592	2.0971	2.0915	1.9621	2.22421
1.2	1.4938	1.9964	1.9848	2.0223	1.9396	2.0134
1.5	1.7816	2.0369	2.0183	2.0952	2.0023	2.0362
1.8	1.6423	2.0784	2.1797	2.2086	2.0038	2.5117
2.1	1.8578	2.1269	2.1444	2.2297	2.0893	1.9755
2.4	2.137	2.3596	2.3955	2.4075	2.2765	2.3539
2.7	2.2087	2.4985	2.4281	2.5292	2.5216	2.3115

3.5.2. Katı kültür test sonuçları

0,9 ml Y-AgNP örneği kullanıldığında katı bakteri kültürlerinde *E. coli* için 0,48 cm^2, S. aureus katı bakteri kültüründe ise 0,7 ml Y-AgNP için 0,48 cm^2 alanda bakteri ölümü gözlemlendi.

Tablo 3. Katı *E coli* kültür test sonuçları

E coli E_a	T1	T2	T3	T20	T24
0,7 ml	1	1.1	1.4	1.5	1.5
0,9 ml	1.1	1.1	1.4	1.6	1.6
1,2 ml	1	1.1	1.2	1.4	1.4
1,5 ml	1	1.2	1.3	1.4	1.4

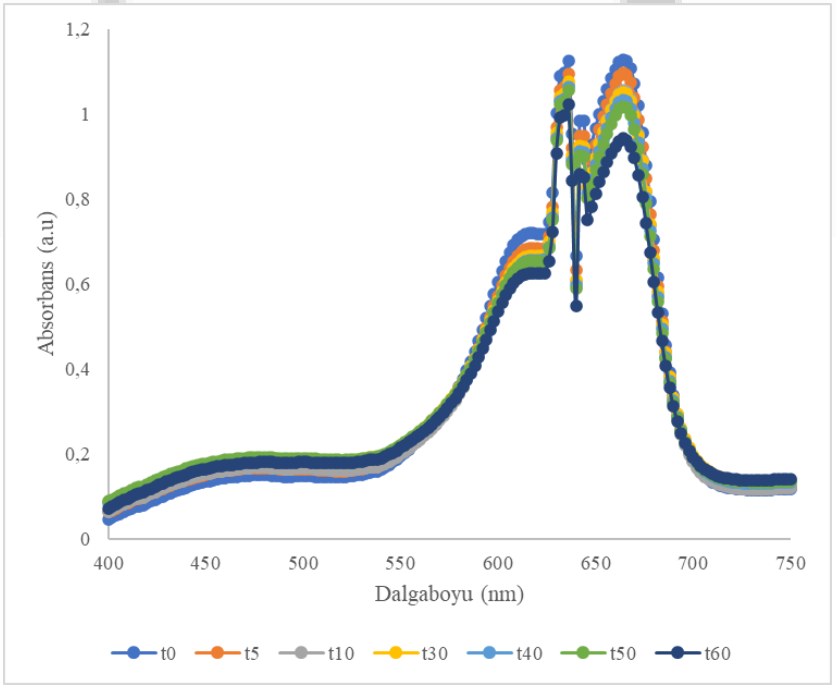
E coli E_a	T1	T2	T3	T20	T24
1,8 ml	0.9	1.1	1.2	1.3	1.3
2,1 ml	1	1	1.2	1.3	1.3
2,4 ml	1	1.1	1.2	1.4	1.5

Tablo 4. Katı *S aureus* kültür test sonuçları

S aureus s_a	T1	T2	T3	T20	T24
0,7 ml	0.9	0.9	0.9	1.5	1.6
0,9 ml	0.9	0.9	0.9	1.5	1.5
1,2 ml	0.9	0.9	0.9	1.3	1.3
1,5 ml	0.9	0.9	0.9	1	1
1,8 ml	1	1	1	1.3	1.5
2,1 ml	1	0.9	1	1.4	1.4
2,4 ml	1	1	1	1.4	1.5

3.6. Fotokatalitik aktivite test sonuçları

Metilen mavisi (MM), UV-vis analizi sonucu 636 nm ve 666 nm dalgaboyunda parçalı bir pik göstermiştir. Ek olarak, Y-AgNP'lerin fotokatalitik aktivite testleri, nanopartiküllerin sağladığı en büyük MM boya bozunma yüzdesinin 60 dakika sonra %7,98 olarak elde edildiğini ortaya koymuştur.



Şekil 8. Y-AgNP'nin Metilen mavisini bozunma grafiği

Vargılar

UV-vis analiz sonuçlarına göre sentezlenen Y-AgNP'ler 439.4 nm dalgaboyunda karakteristik gümüş nanoparçacık pikini vermiştir. FT-IR sonuçlarına göre ise Y-AgNP'ler, -OH ve –C=O bağları için 3274.54 ve 1631.48 cm^{-1} dalga boyunda pikler vermiştir. DLS test sonuçlarına göre ise sentezlenen Y-AgNP'lerin 85.06 nm parçacık boyutu ve -27 mV zeta potansiyel değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Folin-Ciocalteu yöntemi sonuçlarına göre Y-AgNP'ler için mükemmel korelasyon katsayısı (R2) değeri 0,9552 olarak bulunmuştur. S-AgNP miktarı 5 kat arttırıldığında DPPH konsantrasyonu %27,61 azalmıştır.

Sıvı bakteri kültürleriyle yapılan antioksidan etki testlerinde 0.7 ml Y-AgNP örneği E.coli'nin büyüme oranını %55'ten %1'e indirgerken, 2,7 ml Y-AgNP örneği S. aureus'un büyümesini %30'tan %4,4'e indirgemiştir. 0,9 ml Y-AgNP örneği kullanıldığında katı bakteri kültürlerinde E. coli için 0,48 cm2, S. aureus katı bakteri kültüründe ise 0,7 ml Y-AgNP için 0,48 cm2 alanda bakteri ölümü gözlemlendi.

Metilen mavisi (MM), UV-vis analizi sonucu 636 nm ve 666 nm dalgaboyunda parçalı bir pik göstermiştir. Y-AgNP'lerin fotokatalitik aktivite testleri, nanopartiküllerin sağladığı en büyük MM boya bozunma yüzdesinin 60 dakika sonra %7,98 olarak elde edildiğini ortaya koymuştur.

Kaynaklar

[1] Yiğit Y, Emine AY. (2016). Fonksiyonel Gıda Özelliğiyle Ceviz ve Kaman Cevizi. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD), 1(2), 142-153.

[2] Özçiçek Dölekoğlu C, Şahin A, Giray F. Kadınlarda Fonksiyonel Gıda Tüketimini Etkileyen Faktörler: Akdeniz İlleri Örneği. J Agr Sci-Tarim Bili. 2015; 21(4): 572-584.

[3] Url-1< https://www.guvenfidancilik.com/yerli-ceviz-fidanlari/>

[4] Akça Y. 'Şebin' Persian Walnut. Acta Hortic. 2014;1050,139-142.

[5] Akca Y, Ozongun S. Selection of late leafing, late flowering, laterally fruitful walnut (Juglans regia) types in Turkey. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2004;32(4):337-342.

[6] Beyhan, O., GözIekçi, S., Gündoğdu, M., & Ercişli, S. (2016). Physico-Chemical and Antioxidant Characteristics in Fruits of Walnut (Juglans regia L.) Genotypes from Inner Anatolia. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 44(2), 586–592.

[7] Ertürk U, Şisman T, Yerlikaya C, Ertürk O, Karadeniz T. Chemical Composition and Nutritive Value of Selected Walnuts (Juglans Regia L.) from Turkey. Acta Horticulturae, 2014;1050:231-234.

Presentation ID / Sunum No: 128

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

Çinko Esaslı Biyoçözünür Alaşımın Epd Kaplanması ve Deformasyon Özelliklerinin İncelenmesi

Araştırmacı Ege Işın[1], Prof.Dr. Bünyamin Aksakal[1]
[1]Yıldız Teknik Üniversitesi

*Corresponding Author: Ege Işın

Özet: *Son yıllarda Çinko(Zn) esaslı alaşımlar yüksek biyouyumluluk ve ideal korozyon hızı nedeniyle, emilebilir biyomalzemeler için araştırmaların odağında olmuştur. Ancak, mekanik ve biyoaktivite özelliklerinin geliştirilmesi için yüzeylerin daha fonksiyonel olması gerekmektedir. Bu çalışmada; 11,2x11,2x110mm boyutlarındaki kalıplarda çinko, bakır ve gümüş –ZnCuAg- biyoçözünür alaşım üretimi ve bu alaşımlara uygulanan plastik deformasyon miktarının mekanik özelliklere etkisini göstermek için Ark ergitme yolu ile 11,2x11,2x110mm boyutlarında üretilen Zn-xCu-xAg (x= her ikisi için de kütlece %1) alaşımına, %47 ve %61 deformasyon(haddeleme) işlemi uygulanmıştır. Haddeleme işleminin ardından 10x15x(5,9 ve 4,4)mm (%47 ve %61 haddeli) ve 11,2x11,2x3mm (haddesiz) boyutlarında kesilen numunelere karekterizasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Optik mikroskop, Taramalı Elektron Mikroskosbu (SEM), Enerji Dispersiv Spektrum (EDS) analizleri ile mikroyapılar karakterize edilmiştir. Üretilen alaşıma (haddesiz,%47 haddeli ve %61 haddeli) Elektroforetik biriktirme yöntemi(EPD) ile Hidroksiapatit(HA) esaslı biyoseramik kaplama yapılmıştır. Ayrıca deformasyon oranının mekanik özellikler üzerindeki etkisi Vickers sertlik ve çekme testleri ile elde edilmiştir. Yapılan mekanik testler sonucunda sertlik değerlerinin %61>%47>haddesiz (88,1±0,5HV > 73,7±1,8HV > 70,7±3,02HV) şeklinde olduğu görülmüştür. Sadece hadde işlemi uygulanmış numunelere gerçekleştirilen çekme deneyi sonucunda, %61 haddeli numunelerde daha yüksek akma dayanımı (114,2±23 MPa), elastisite modülü (10,3±0,16 GPa) değerleri elde edilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Biyoçözünür Alaşım, Zn-1cu1ag, Haddeleme, Epd Kaplama*

Investigation of Electrophoretic Coated Zinc Based Biodegradable Alloy and Deformation Properties

Abstract*: In recent years, Zinc(Zn) based alloys have been at the center of research for absorbable biomaterials due to their high biocompatibility and ideal corrosion rate. However, surfaces need to be more functional in order to improve their mechanical and bioactivity properties. In this study; A biodegradable alloy of zinc, copper and silver –ZnCuAg- was produced in molds measuring 11,2x11,2x110mm. In order to show the effect of the amount of plastic deformation applied to these alloys on the mechanical properties, 47% and 61% deformation (rolling) processes were applied to the Zn-xCu-xAg (x= 1% by mass for both) alloy produced by arc melting in 11,2x11,2x110mm dimensions. After the rolling process, characterization analyzes were performed on the samples cut in dimensions of 10x15x(5,9 and 4,4)mm (47% and 61% rolled) and 11,2x11,2x3mm (non-rolled). Microstructures were characterized by Optic microscope, Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy Dispersive Spectrum (EDS) analyses. Hydroxyapatite (HA) based bioceramic coating was applied to the produced alloy (non-rolled, 47% rolled and 61% rolled) by Electrophoretic deposition method (EPD). In addition, the effect of deformation rate on mechanical properties was obtained by Vickers hardness and tensile tests. It was observed that the hardness values were 61%>47%>unrolled (88.1±0.5HV > 73.7±1.8HV > 70.7±3.02HV) after applied mechanical tests. As a result of the tensile test performed only on the rolled samples, higher yield strength (114.2±23 MPa) and modulus of elasticity (10.3±0.16 GPa) values were obtained in 61% rolled samples.*

Keywords: *Biodegradable Alloy, Zn-1cu1ag, Rolling, Epd Coating*

GİRİŞ

Biyobozunur metaller, titanyum ve alaşımları, kobalt-krom alaşımları(Co-Cr) ve paslanmaz çelik gibi biyoinert metallerin ikincil ameliyat ihtiyacını doğurması sebebiyle, bir alternatif olarak son yıllarda çalışmaların odağı haline gelmiştir(Bowen vd., 2016). Genel olarak biyobozunma kavramı, vücut içine yerleştirilen malzemenin bulunduğu fizyolojik ortam sebebiyle korozyon uğraması ve korozyon sonrası toksik etki yapmamasıdır. Ayrıca bu korozyon sürecinde malzemenin mekanik özelliklerini koruması ve korozyon hızının kemik büyüme hızı ile paralel olması gerekmektedir(Hernández-Escobar vd., 2019).

Biyobozunur metallere yönelik araştırmalar magnzeyum(Mg), demir(Fe) ve çinko(Zn) olmak üzere 3 kategoride yoğunlaşmıştır. Mg, çok iyi biyouyumluluk özelliği göstermesinin yanında, çok yüksek bozunma hızı sergilemesi sebebiyle kullanımı kısıtlıdır (Uddin vd., 2015). Fe ise, görece iyi mekanik özelliklerinin yanında oldukça yavaş korozyon hızına sahiptir. Çinko, iyi biyouyumluluk özelliğinin yanında -0,763 V standart elektrot potansiyeli ile Mg(-2,372 V) ve Fe(-0,443 V) arasında bir değer alarak iyi bozunma performansı sergilemektedir ve bu özelliği ile iyi bir alternatif haline gelmiştir.(Huang vd., 2020).

Çinko, iyi bozunma davranışının yanında zayıf mekanik özellikler sergilemesi sebebiyle, alaşımlama ve mekanik işlem etkileri kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır. Jasinska ve arkadaşları, çinkonun gümüş(Ag) ile alaşımlanmasını inceledikleri çalışmada, alaşımlama etkisiyle iri taneli saf Zn yapısının ince taneli bir yapıya dönüştüğünü ve artan Ag miktarı ile mekanik özelliklerin iyileştiğini elde etmişlerdir(Sikora-Jasinska vd., 2017).

Hidroksiapatit($Ca10(PO_4)_2(OH)_2$ kemik mineraline kimyasal olarak benzerliğiyle, çok iyi biyouyumluluk ve biyoaktivite özellikleri sebebiyle geleneksel metalik implantlara farklı kaplama yöntemleri ile yaygın şekilde kullanılmaktadır (Janković vd., 2015). Kaplamanın kolay ve hız gerçekleştirilebilmesi, karmaşık şekilli yapılara uygulanabilmesi, düşük maliyeti ve kaplama kalınlığının kontrol edilebilmesi gibi özellikleri ile Elektroforetik Biriktirme(EPD) yöntemi(Aksoy vd., 2021) Hidroksiapatit(HA) kaplama için uygulanmıştır ve kaplama kalitesi incelenmiştir.

Bu çalışmada; Zn-1Cu-1Ag alaşımı ark ergitme yöntemiyle dökülerek üretilmiştir. Daha sonra farklı oranlarda(%47 ve %61) haddelenmiş ve döküm-haddelenmiş alaşımın deformasyon-mikroyapı ilişkisi ile HA esaslı biyoseramik kaplanmış yüzeylerin morfolojik yapısı incelenmiştir.

MATERYAL METOT

2.1. Materyal

Zn-1Cu-1Ag alaşımı, ağırlıkça 1%Ag(99,99%) 1%Cu(9,99%), 98%Zn(99,99) olacak şekilde tartılıp paketlendikten sonra, ark ergitme fırınında üretilmiştir. Grafit potada gerçekleştirilen döküm sürecinde 1 grafit çubuk yardımı ile karıştırma yapılmıştır ve toplam 3 karıştırma gerçekleştirilmiştir. Ardından 11,2x11,2x110mm boyutlarında soğuk çelik iş kalıbına dökülen alaşım, soğuduktan sonra tekrar grafit potada aynı prosedür ile eritilmiştir ve çelik kalıba dökülmüştür. Homojen tane dağılımı sağlamak için üretilen alaşım 350 ^oC'de homojenizasyon tavlamasına maruz bırakılmıştır.

Üretilen alaşımların plastik deformasyon sonrası özelliklerini incelemek için 200 mm merdane çaplı, 50 devir/dakika hızında, 7 kw gücünde haddeleme makinesiyle numunelere 47% ve 61% oranlarında plastik deformasyon uygulanmıştır. Son olarak numuneler 11x11x2,6mm (haddesiz), 14x10x5,9mm (47% haddeli) ve 14x10x4,3mm (61% haddeli) boyutlarında kesilmiştir.

2.2. EPD Metodu ile HA Kaplama İşlemi

EPD işlemi için ilk olarak 15 ml saf su içinde 0,3 gram HA homojenizer ile karıştırılarak homojen bir kolloidal çözelti elde edilmiştir. Ardından bir DC güç kaynağı yardımı ile karşıt elektrotun paslanmaz çelik plakanın olduğu düzeneğe numuneler uygun sürelerde daldırılarak kaplama gerçekleşmiştir. Biyoseramşik kaplamanın metalik yüzeye yapışma kalitesini artırmak için 350 ^oC'de 1 saat sinterleme işlemi uygulanmıştır.

2.3. Optik Mikroskop ve SEM-EDS Analizleri

Kaplanmamış numunelerin mikroyapı analizlerini gerçekleştirmek için geleneksel metalografik hazırlama metotlarının ardından numunelere elektrolitik parlatma yapılmıştır. Fosforik asit ve etanol(99% saflıkta) çözeltisi içinde DC güç kaynağı ile haddesiz, 47% haddeli ve 61% haddeli numuneler için 30 dk sürelerde elektrolitik parlatma işlemi yapılmıştır. Dağlama işlemi de aynı çözeltide birkaç saniye tutularak gerçekleştirilmiştir. Parlatılan numune yüzeyleri, NIKON marka Ters Optik Mikroskop ile farklı büyütmelerde incelenmiştir.

Kaplanmış ve kaplanmamış numuneler Hitachi/SU3500 marka SEM cihazı ile çeşitli büyütmeler ile incelenmiştir ve EDS analizi ile noktasal elemental dağılım değerlendirmesi yapılmıştır.

2.4. Mekanik Özelliklerin Karakterizasyonu

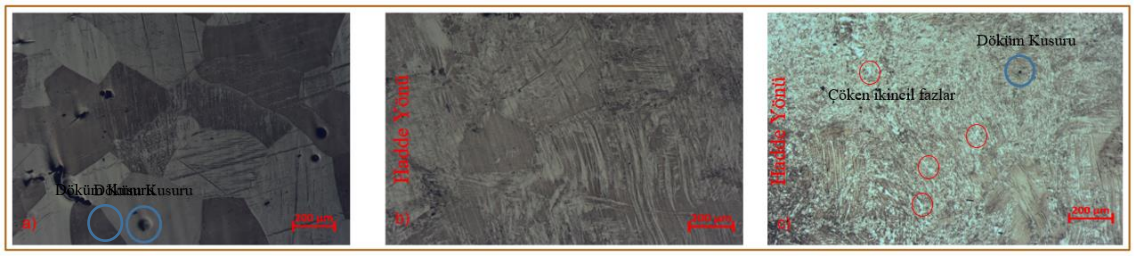
Mekanik özelliklerin tayininde kullanımı kolay ve güvenilir sonuç vermesi sebebiyle 0,2 kgf altında Vickers Sertlik Testi uygulanmıştır. Ayrıca numunelerin elastisite modülü, akma dayanımı, çekme dayanımı gibi değerlerinin tayini için 1mm/dak hızda çekme testi uygulanmıştır.

TARTIŞMA

3.1. Optik Mikroyapı

Üretilen haddesiz, 47% ve 61% haddeli gruplardaki biyoçözünür Zn1Cu1Ag numunelere yapılan mikroyapı analizleri Şekil 1'de verilmiştir. Görüntülerden görüleceği üzere, haddesiz numune Şekil-1a'da kaba taneli bir yapıya sahiptir. Haddeleme işlemi ile bu iri tanelerin inceldiği ve hadde yönüne doğru yönlendiği ayrıca artan haddeleme oranı ile tanelerin küçüldüğü Şekil-1b ve 1c'de görülmektedir.

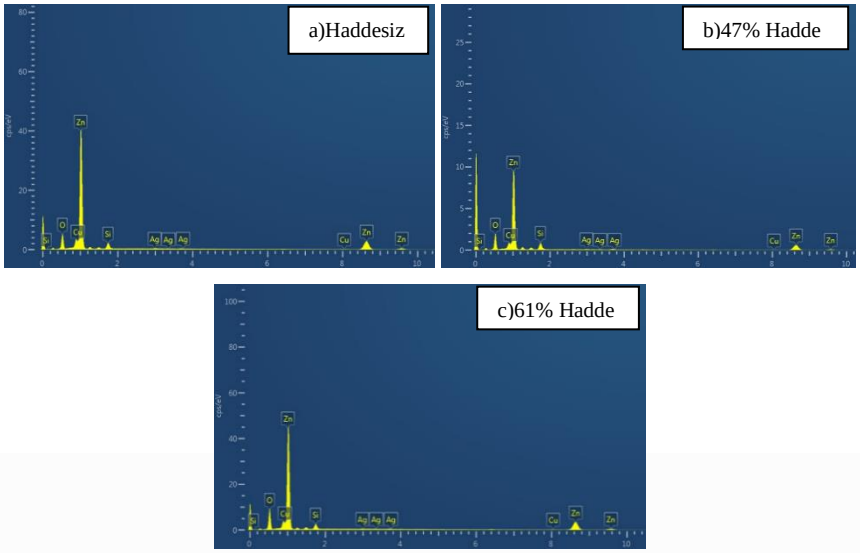
Şekil 1. Üretilen Numunelerin Mikroyapı Görüntüleri a) Haddesiz b) %47 Hadde c) %61 Hadde (5X)



Zn-Cu-Ag üçlü faz diyagramı incelendiğinde ağırlıkça% düşük Cu ve Ag içeriğinde alaşımda (Ag,Cu)Zn_4 intermetalik fazı oluşmaktadır(ASM International, 1992). Ancak %1 gibi düşük Ag ve Cu içeriğinde ikincil fazın varlığından söz edilmese de soğuk haddeleme gibi deformasyon uygulamalarıyla bu ikincil fazların tane sınırlarında çökeldiği ve ikincil fazların bulunduğu bölgelerde görece daha küçük tanelerin oluştuğu literatürde de rapor edilmiştir(Chen vd., 2020). Şekil 1-c incelendiğinde, artan deformasyon miktarı ile beyaz yapıların oluştuğu ve bu yapılar etrafındaki tanelerin haddesiz ve 47% oranında haddelenmiş numunelere nazaran oldukça küçük olduğu dikkat çekmektedir. Bu sebeple, 61% oranında haddelenmiş numunede tane sınırlarında çökelen (Ag,Cu)Zn_4 ikincil fazının varlığından söz edilebilir.

Yapılan EDS analizleri sonrası elde edilen, elde edilen yapılardaki mevcut elemental dağılımı tespit edilmiştir. Şekil 2'de verilen EDS pikleri ve Tablo 1 incelendiğinde, planlanan alaşım sistemine göre sapmalar görülmekte, silisyum(Si) ve oksijen(O) varlığı göze çarpmaktadır. Bu sapmalar, elemental dağılımın homojen gerçekleşmemesi, geleneksel numune hazırlama metodunda kullanılan SiC zımpara kağıtları dolayısıyla yüzeyde Si parçacıklarının birikmesi ve döküm kusurlarından dolayı oluşan boşluklarda O varlığı şeklinde açıklanabilir.

Şekil 2. EDS Analizleri Sonrası Elde Edilen EDS Pikleri



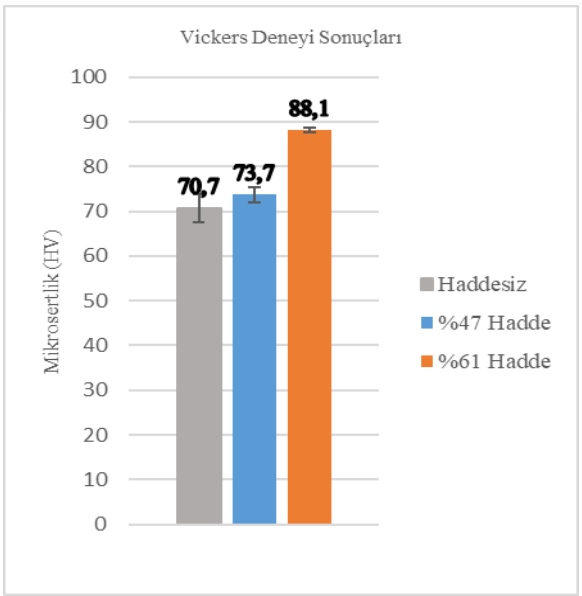
Tablo 1. Haddeli ve Haddesiz Numunelerin EDS Ağırlıkça% Elemental Dağılımı

	Haddesiz	47% Haddeli	61% Haddeli
Zn	74,31	75,91	80,78
Cu	2,29	1,97	1,84
Ag	0,73	0,78	0,81
Si	4,97	3,07	3,41
O	17,69	18,27	13,16

3.2. Mekanik Özellikler

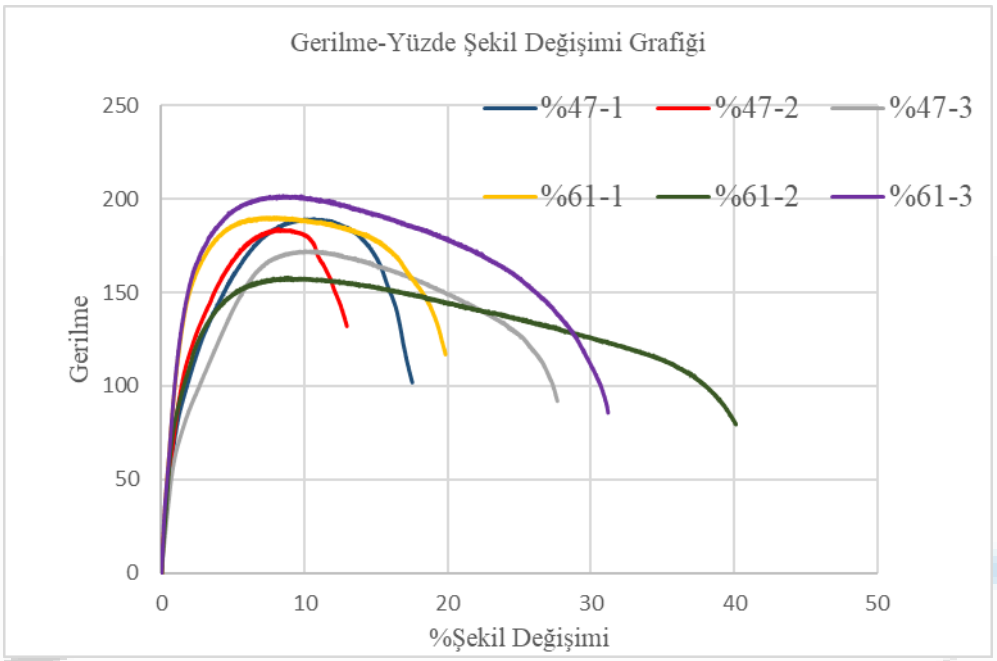
Vickers Sertlik testi, mevcut mikroyapıların numunelerin her bir bölgesine homojen dağılmadığı hesaba katılarak 4 farklı nokta seçilerek gerçekleştirilmiştir. (Shuai vd., 2019) Şekil 3'te verilen Vickers Sertlik testi sonuçları incelendiğinde, artan deformasyon miktarı ile oluşan tane küçülmesi, numunelerin sertliklerini artırma yönünde etki etmiştir.

Şekil 3. Numunelerin Vickers Sertlik Değerleri



Şekil 4'te, 47% ve 61% plastik deformasyona maruz kalmış alaşımın çekme çekme eğrileri verilmiştir ve Tablo 2'de akma dayanımı(YS), çekme dayanımı(UTS) ve elastisite modülü(E) değerleri verilmiştir. Çekme testi 47% ve 61% deformasyona uğramış 3 numuneye gerçekleştirilmiştir ve elde edilen değerlerin ortalamaları ve standart sapma değerleri ile nihai sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 4. Çekme Testi Sonrası Elde Edilen Gerilme Şekil Değişimi Grafiği



Tablo 2. Çekme Testi Sonucu Elde Edilen Mekanik Özellikler

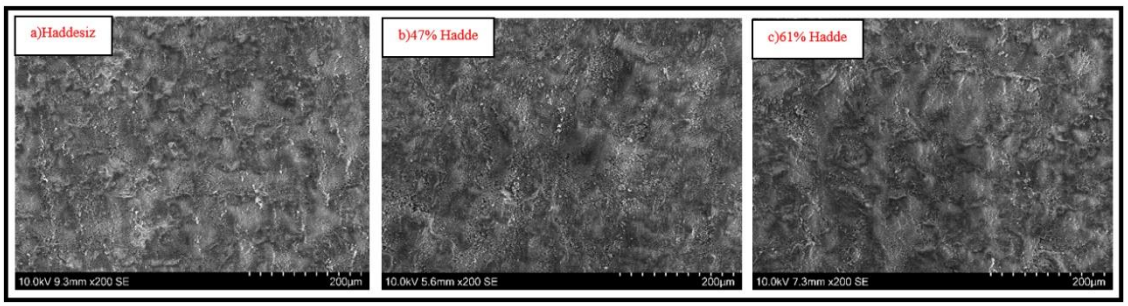
Numune	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (GPa)
47% Haddeli	84,9±15,3	182,1±7	7,9±0,17
61% Haddeli	114,2±23	183,4±18,5	10,3±0,17

Çekme testi sonrası elde edilen değerler incelendiğinde, mekanik özelliklerin artan plastik deformasyon ile arttığı elde edilmiştir. Küçülen tane boyutu, dislokasyon hareketini kısıtlayarak mekanik özelliklere pozitif etki etmiştir(Somekawa & Mukai, 2013). Ayrıca Gerilme-Şekil Değişimi grafiği incelendiğinde, özellikle %uzama değerlerinde sapmalar oluştuğu görülmüştür. Bu durum, ikincil fazların mikroyapıda homojen dağılmaması şeklinde açıklanabilir.

3.3. Kaplama Karakterizasyonu

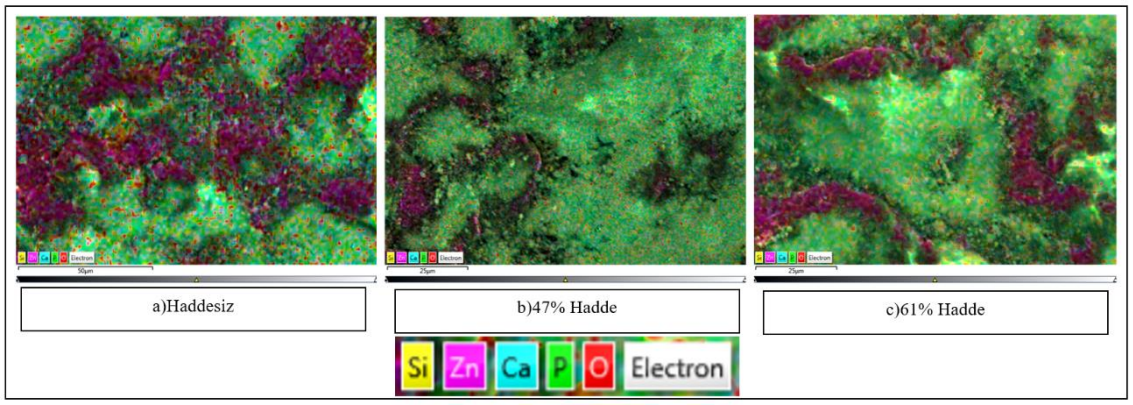
Haddesiz, 47% ve 61% oranında haddeli numunelerin kaplama sonrası elde edilen yüzeylerinin karakterizasyonu SEM-EDS analizi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'te verilen görüntülerden yüzey morfolojilerinin incelenmesinin ardından, yüzeylerdeki tüm noktalar için her bir element farklı rengi temsil edecek şekilde haritalı dağılımı şekil 6'da gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Şekil 5. EPD Metoduyla HA Kaplanmış Yüzeylerin SEM Görüntüleri



Şekil 5'te verilmiş SEM görüntüleri incelendiğinde; pürüzlü bir yüzey ve bölgesel çatlakların bulunduğu ayrıca beyaz ve siyah renkli yapılar tespit edilmiştir. Bu yapıların içeriğini anlamak için her bir rengin bir elementi temsil ettiği renklendirme işlemi uygulanmıştır. Bu işlem sonunda, yeşil renkli bölgenin HA içeriğinde bulunan kalsiyum(Ca),fosfat(P) ve O ağırlıklı olduğu, mor renkli bölgelerin ise Zn, Ag ve Cu içerdiği tespit edilmiştir ve Tablo 3'te görüntülerdeki mevcut element dağılımı ağırlık% olarak verilmiştir.

Şekil 6. EDS Elemental Haritalama Görüntüleri



Yüzeyler incelendiğinde bölgesel olarak Zn ve HA elde edildiği tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında genel anlamda tüm yüzeylerde homojen ve çatlaksız bir kaplama elde edilememiş olsa da, kaplamanın yüzeye tutunması sağlanmıştır

Tablo 3. Kaplanan Numunelerin EDS Analizi Sonrası Elde Edilen Elemental Dağılımı

	Zn	Ca	P	O	Ag	Cu	Si
Haddesiz	18,6	27,4	13,5	38	0,5	-	1,9
47%	8,4	32,8	16,6	40,6	0,2	0,4	0,9
61%	16,9	29,1	15	37,1	0,2	0,6	1

Tablo 3'te verilen veriler incelendiğinde Ca, P ve O gibi HA içeriğinde bulunan elementler ağırlıklı olarak bulunmaktadır. Buna ek olarak, mor renkli bölgede Zn, Cu ve Ag haricinde Si de gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, kaplamasız numunelerde de olduğu gibi zımpara sürecinde SiC kağıtlarının kullanılmasıdır.

SONUÇLAR

Yapılan çalışmada, ark döküm yöntemiyle üretilen Zn-1Cu-1Ag alaşımına %47 ve %61 oranında uygulanan deformasyon miktarının etkisi gerek mikroyapısal gerekse mekanik özellik olarak gözlemlenmiştir.

Haddesiz-döküm, %47 ve %61 haddeli gruplardaki Zn-1Cu-1Ag alaşımlarına EPD metoduyla HA esaslı biyoseramik kaplanmıştır.

Mikroyapı incelemeleri sonunda, haddeleme işlemi ile mikroyapıdaki tanelerin hadde yönü boyunca uzadığı, ince taneli bir yapı elde edildiği ve haddeleme şiddeti artmasıyla tanelerin daha da inceldiği tespit edilmiştir.

Yapılan mekanik testler sonucu, 10,3 GPa elastisite modülü, 114,2 MPa akma dayanımı ve 183,4 MPa çekme dayanımı değerleri ile biyomedikal uygulamalar için umut verici sonuçlar elde edilmiştir.

Kaplama sonrası yapılan değerlendirmelerde, kötü olmayan bir yapışmanın oluştuğu ancak tam homojen bir kaplama elde edilemediği tespit edilmiştir. Bazı kaplama parametreleri değiştirilerek yüzeye yapışma (adezyon) düzeyini artırma yönünde çalışmalar devam etmektedir.

KAYNAKÇA

Aksoy, M. E., Aksakal, B., Aslan, N., & Dikici, B. (2021). Boron-Doped Hydroxyapatite Coatings on NiTi Alloys Using the Electrophoretic Deposition Method: Enhanced Corrosion and Adhesion Performances. *Journal of Materials Engineering and Performance*, *30*, 7365-7375. https://doi.org/10.1007/s11665-021-05968-x

ASM International. ASM Handbook: Volume. 3 Alloy Phase Diagrams; ASM International: Almere, The Netherlands, 1992.

Bowen, P. K., Shearier, E. R., Zhao, S., Guillory II, R. J., Zhao, F., Goldman, J., & Drelich, J. W. (2016). Biodegradable Metals for Cardiovascular Stents: From Clinical Concerns to Recent Zn-Alloys. *Advanced Healthcare Materials*, *5*(10), 1121-1140. https://doi.org/10.1002/adhm.201501019

Chen, C., Yue, R., Zhang, J., Huang, H., Niu, J., & Yuan, G. (2020). Biodegradable Zn-1.5Cu-1.5Ag alloy with anti-aging ability and strain hardening behavior for cardiovascular stents. *Materials Science and Engineering: C*, *116*, 111172. https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111172

Hernández-Escobar, D., Champagne, S., Yilmazer, H., Dikici, B., Boehlert, C. J., & Hermawan, H. (2019). Current status and perspectives of zinc-based absorbable alloys for biomedical applications. *Acta Biomaterialia*, *97*, 1-22. https://doi.org/10.1016/j.actbio.2019.07.034

Huang, J., Lai, Y., Jin, H., Guo, H., Ai, F., Xing, Q., Yang, X., & Ross, D. J. (2020). Preparation and Properties of Zn-Cu Alloy for Potential Stent Material. *Journal of Materials Engineering and Performance*, *29*(10), 6484-6493. https://doi.org/10.1007/s11665-020-05167-0

Janković, A., Eraković, S., Mitrić, M., Matić, I. Z., Juranić, Z. D., Tsui, G. C. P., Tang, C., Mišković-Stanković, V., Rhee, K. Y., & Park, S. J. (2015). Bioactive hydroxyapatite/graphene composite coating and its corrosion stability in simulated body fluid. *Journal of Alloys and Compounds*, *624*, 148-157. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.11.078

Shuai, C., Cheng, Y., Yang, Y., Peng, S., Yang, W., & Qi, F. (2019). Laser additive manufacturing of Zn-2Al part for bone repair: Formability, microstructure and properties. *Journal of Alloys and Compounds*, *798*, 606-615. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.05.278

Sikora-Jasinska, M., Mostaed, E., Mostaed, A., Beanland, R., Mantovani, D., & Vedani, M. (2017). Fabrication, mechanical properties and in vitro degradation behavior of newly developed ZnAg alloys for degradable implant applications. *Materials Science and Engineering: C*, *77*, 1170-1181. https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.04.023

Somekawa, H., & Mukai, T. (2013). Hall–Petch relation for deformation twinning in solid solution magnesium alloys. *Materials Science and Engineering: A*, *561*, 378-385. https://doi.org/10.1016/j.msea.2012.10.040

Uddin, M. S., Hall, C., & Murphy, P. (2015). Surface treatments for controlling corrosion rate of biodegradable Mg and Mg-based alloy implants. *Science and Technology of Advanced Materials*, *16*(5), 053501. https://doi.org/10.1088/1468-6996/16/5/053501

Presentation ID / Sunum No: 131

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-4844-9387

Biyoçözünür Çinko Esaslı Alaşımların Biyoseramik Kaplaması

Araştırmacı Süleyman Alp Karadoğan[1], Prof.Dr. Bünyamin Aksakal[1]
[1]Yıldız Teknik Üniversitesi

*Corresponding Author: Süleyman Alp Karadoğan

Özet: *Metallerin içyapı ve mekanik özellikleri, onları diğer emsallerinden daha çekici implant malzemesi adayları yapmaktadır. Çinko esaslı metalik alaşımlar ise biyoçözünür (biyobozunur) malzeme alanında yoğun çalışma alanı bulmuştur. Bu çalışmada, biyomedikal alanda fonksiyonel bir implant veya stent malzemesi olarak kullanılması amacına yönelik olarak biyoçözünür Zn-1Cu alaşımı ark ergitme döküm yöntemiyle 11.2x11.2x100 mm3 hacmindeki kalıplara dökülmüştür. Üretilen Zn-1Cu alaşım numuneler, iki farklı grupta; döküm ve yüksek deformasyon oranlarında (%47 ve %61) haddelenerek incelenmiştir. Döküm numuneler 11.2x11.2 mm2 ve haddeli numuneler ise 11.2x15 mm2 boyutlarında tel erozyon yöntemiyle kesilmiştir. Bu numuneler 200 0C'de tavlanarak mikroyapı-mekanik özellik ilişkisi araştırılmıştır. Elde edilen döküm ve haddeli numunelerin yüzeyleri hidroksiapatit (HA) esaslı biyoseramik ile kaplanmıştır. Her iki grup Zn-1Cu alaşım numunelerin HA ile kaplamalı ve kaplamasız yüzeyleri optik, taramalı elektron mikroskop (SEM) ve EDS analizleri ile karekterize edilmiştir. Yapılan mikroyapı analiz ve mekanik testlere göre; hadde öncesinde görülen taneler ve tane sınırları, hadde sonrasında uzak tanelere kadar yayılmış ve numunenin mekanik özelliklerine olumlu etkisi olmuştur. Numunelerin elastik modülü ve çekme mukavemeti %61 haddelenmiş numunede daha yüksek değerlere ulaşmış, %47 haddelenmiş numune daha yüksek akma mukavemeti ve sertlik değeri sergilemiştir. Tavlama sonrasındaki optik incelemelerde, özellikle haddeli numunelerde yeniden kristalleşme ve tane sınırlarının oluşumu net şekilde görülmüştür. Kaplama sonrası SEM ve EDS analizlerinden numune üzerindeki çatlak ve boşlukların kapanıp yerlerine kaplamanın porozlu yapısının yer aldığı görülmüştür.*

Anahtar Kelimeler: *Biyoçözünür İmplant, Zn-1cu, Haddeleme, Sol-Jel Kaplama*

Bioceramic Coatings of Zinc Based Biodegradable Alloys

Abstract*: The internal structure and mechanical properties of metals make them more attractive candidates for implant materials than their other counterparts. Zinc-based metallic alloys have found intensive study in the field of biodegradable (biodegradable) materials. In this study, for the purpose of using as a functional implant or stent material in the biomedical field, biodegradable Zn-1Cu alloy was poured into molds of 11.2x11.2x100 mm3 volume by arc melting casting method. The produced Zn-1Cu alloy samples are in two different groups; cast and rolled at high deformation rates (47% and 61%). Cast specimens were cut with the size of 11.2x11.2 mm2 and rolled specimens 11.2x15 mm2 by wire erosion method. These samples were annealed at 200 0C and the relationship between microstructure and mechanical properties was investigated. The surfaces of the cast and rolled samples are coated with hydroxyapatite (HA) based bioceramics. HA coated and uncoated surfaces of both groups of Zn-1Cu alloy samples were characterized by optical scanning electron microscope (SEM) and EDS analysis. According to the microstructure analysis and mechanical tests; The grains and grain boundaries seen before the rolling, spread to the distant grains after the rolling and had a positive effect on the mechanical properties of the sample. The elastic modulus and tensile strength of the samples reached higher values in 61% rolled sample, while 47% rolled sample showed higher yield strength and hardness value. In the optical examinations after annealing, recrystallization and the formation of grain boundaries were clearly seen, especially in the rolled samples. From the SEM and EDS analyzes after the coating, it was seen that the cracks and gaps on the sample were closed and the porous structure of the coating took place.*

Keywords: *Biodegradable Implant, Zn-1cu, Rolling, Sol-Gel Coating*

GİRİŞ

Çinko (Zn), tarih boyunca sıklıkla kullanılan değerli metallerden biri olup bakırdan (Cu) daha yüksek sünekliğe ve korozyon direncine sahip bir malzemeyken genellikle alaşım halinde kullanılır. Çünkü saf Zn dökümü sonrasında sert bir metal elde edilir ve mühendislik uygulamaları için çok kırılgandır [Porter, 1994]. Zn'nin kötü bir korozyon davranışı sergilememesine rağmen biyomedikal uygulamalar için yetersiz mekanik özelliklere sahiptir [Katarivas Levy vd., 2017]. Zn'nin biyoçözünür olması ve vücut tarafından emiliminin toksik etkilerinin olmaması sayesinde çinkonun biyomalzeme olarak geliştirilmesi yönünde araştırmalara yol açmış ve birçok uygulamada tercih edilen metallerin yerlerini almaya başlamıştır.

Bakır da, birçok alaşıma katkı olarak ilave edilerek oluşturduğu alaşımların, fiziksel özelliklerini bozmaksızın onlara mukavemet ve sertlik verebilir. Cu ve Cu alaşımları; yüksek termal ve elektriksel iletkenlik, iyi korozyon dayanımı ve aşınma direnci göstermeleri nedeniyle uzun yıllardır endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır [Gökçe, 2020]. Zn-Cu alaşımlarına bakıldığında ise birbirleriyle her oranda alaşım yaptıkları görülür. Zn-Cu alaşımında peritektik reaksiyon gerçekleşir ve ağırlıkça %2.7 ila %22 arasında yer alan Cu içeriği, iki fazlı bir alaşımın oluşumuyla sonuçlanmaktadır [Mostaed vd., 2018]. Zn-Cu alaşımlarında kontrollü soğutma ile ilk oluşan faz Ɛ fazıdır ki bu faz CuZn5 veya CuZn4 olarak adlandırılmakta ve Cu, Zn ile etkileşiminde Ɛ fazı çökelti oluşturarak saf Zn'ye göre mukavemeti önemli derecede arttırmaktadır. [Li vd., 2021].

Metalik biyomalzemelerin maliyeti biyoseramikler, polimerler ve kompozitlere göre daha azdır. Ekonomikliğinin yanında, yorulma ve kırılma direnci, kırılma tokluğu ve süneklik gibi aranan üst düzey özelliklere sahiptir. Ancak düşük biyouyumluluk, yüksek elastik modül, korozyona ve aşınmaya meyilli davranışları gibi dezavantajları da mevcuttur [Bahraminasab vd., 2013]. Biyoçözünür malzemeler, geçici dolgu malzemesi olarak dokuları birbirine bağlamak, dokuları güçlendirmek ve dokulara destek olmak amacıyla kullanılmakta ve ayrıca vücut içerisinde toksik reaksiyonlara sebep olmamaktadırlar. Tekrardan gerçekleşecek ameliyatlara gerek kalmaz, böylece enfeksiyon riski azalır ve çevresindeki dokuların şekillerinin bozulması gibi sorunlar yaşanmaz. Bu malzemeler, çözünmeyen ve vücutta kalıcı olan malzemelerin uzun vadede beraberinde getirdiği tahriş, mekanik davranış uyumsuzlukları ve toksik reaksiyonlar gibi dezavantajların çözümü için kullanımı önerilmektedir [Moravej ve Mantovani, 2011]. Vücutta biyoaktivite ve mekanik dayanımın gerekli olan yerlerde veya stent olarak, dolaşım sisteminde ya da koroner arterdeki tıkanıkların tedavisinde kullanılır [Yun vd., 2009].

Biyomalzemelerde kullanılan metalik alaşımlar, istenilen gereksinimleri karşılamasına rağmen doku yüzeylerinde ve aralarında enfeksiyon riski taşırlar [Altuncu ve Üstel, 2012]. Bu durum, implantların kullanım süresinin katalog değerlerine göre fazlaca azalması ve uyumsuzluğun artması gibi sorunlara neden olmaktadır. Bu problemler sonucunda metalik implantların gelişimi, zararlı etkilerinin az olması ve minimal enfeksiyon riski nedeniyle seramikler yönüne kaymaya başlamıştır. Ancak biyoseramikler tek başına yeterli mekanik dayanımı sağlayamadığından dolayı, daha çok takviye malzeme veya metalik implantların üzerine kaplama yapılarak biyoaktivite ve osteointegrasyonu iyileştirme amaçlı kullanılmaktadır. Yaygın olarak tercih edilen biyoseramikler arasında hidroksiapatit (HA, $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$), alümina (Al_2O_3) ve zirkonya (ZrO_2) gösterilebilir. Hidroksiapatit (HA), kemik ile yakın benzerlikte olduğundan dolayı metalik biyomalzemelerin kaplanmasında yaygın bir şekilde kullanım alanı bulmuştur [Abdul Halim vd., 2021].

Bu çalışmada; biyoçözünür Zn-1Cu alaşımı üretilip farklı deformasyon oranlarında (%47 ve %61) haddeleme yapılarak haddelemenin optik ve mekanik değerler üzerindeki etkisi irdelenmiştir. Ayrıca numuneler HA esaslı biyoseramik ile kaplanmış, SEM ve EDS analizleri gerçekleştirilmiştir. Haddeleme öncesi ve sonrası ile HA kaplama öncesi ve sonrasındaki değişimler gözlenmiştir.

MATERYAL VE METOT

2.1. Biyoçözünür Zn-1Cu Dökümü ve Numune Hazırlanması

Zn-1Cu alaşımı, elektrik ark döküm yöntemiyle üretildi. Döküm işleminde fırın sıcaklığı 590 ^{0}C'ye ayarlandı. Alaşım fırına verildikten sonra her 30 dk'da bir kere fırın açılarak potadaki ergimiş alaşım homojenliği sağlamak adına karıştırıldı. Son karıştırma işleminden sonra döküm kalıbına döküldü (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Döküm kalıpları

Dökümün ardından numuneler homojenizasyona tabii tutuldu ve bu şekilde alaşım katılaşırken oluşan yapısal farklılıkların daha kararlı hale getirilmesi amaçlandı. Etanol yardımıyla temizlenip haddeleme için hazırlandı. Haddeleme işlemindeki amaç; mikroyapısal değişimlerin, biyouyum ve mukavemet üzerindeki etkilerini incelemektir. Elde edilen 10 numuneden 4 tanesi 4 paso ve 4 tanesi de 7 paso soğuk haddelenmiş, diğer 2 tanesine ise haddeleme yapılmamıştır. Haddeleme sırasında numunelerde meydana gelecek şekil değişiminin belirlenebilmesi için deformasyon oranları sabit tutulmuş olup haddelenecek numuneler %47 ve %61 oranlarında deforme edilmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Zn-1Cu numunelerin haddeleme sonrası boyut ve % deformasyon oranları

Haddeleme Paso Sayısı	**W(mm)** (Genişlik)	**L(mm)** (Uzunluk)	**H (mm)** (Yükseklik)	**Deformasyon (%)**
Haddesiz(Döküm)	10.69	107	11.2	-
4. Paso sonu	12.79	169	5.9	47.33
7. Paso sonu	13.9	236	4.37	60.98

Haddeleme yapılmayan numuneler 11.2x11.2 mm^2 ve haddelenmiş numuneler 11.2x15 mm^2 yüzey alanları olacak şekilde tel erozyon yöntemi ile kesildi. Kesim işlemi sonrasında numunelerin her birine standart metalografik işlemler uygulandı. Numunelerdeki deformasyonları gidermek için sırasıyla; zımparalama, parlatma ve dağlama işlemleri uygulandı. Zımparalama, manuel olarak ve sıralı zımparalama yöntemiyle gerçekleştirildi. Parlatmada elektrolitik parlatma yöntemi tercih edildi ve kaliteli görüntüler alınabilmesi amacıyla parametrelerde bir dizi deneme-yanılmalar yapıldı. Haddesiz numunede 2.1 A, %47 haddeli numunede 1.75 A ve %61 haddeli numunede ise 1.85 A akım şiddeti uygulandı. Ardından dağlama işlemi için H_3PO_4 içeren etanol bazlı çözelti hazırlandı ve bu çözeltide numuneler dağlandı.

2.2. Sol-Gel Kaplama

Zn-1Cu biyoçözünür numuneler sol-jel yöntemi ile kaplandı. Kaplama öncesinde 30 dk boyunca aseton ile ultrasonik bir banyoda temizlendi. Sonrasında bir beherde HA, distile su ile çözdürüldü ve homojenlik sağlanıncaya kadar karıştırıldı. Bu solüsyona distile su ile çözdürülmüş P_2O_5 ilavesi yapıldı ve solüsyonun kararlı hale gelmesi için oda sıcaklığında karıştırılmaya devam edilerek bekletildi. Homojen bir çözelti elde edildiğinde çözeltiye KH_2PO_4 ilave edildi ve manyetik karıştırıcı ile karıştırılmaya devam edildi. Ardından manyetik karıştırıcı çözeltiden çıkarıldı, çözeltinin içine Na_2CO_3 eklendi. Daha sonra kaplama performansını iyileştirmek için uygun sürelerde ultrasonik homojenizer kullanılarak homojenize edildi. Bu işlemden sonra çözelti, jel oluşuncaya kadar manyetik karıştırıcıda karıştırıldı ve jel elde edildikten sonra 10 mm/dk daldırma/çıkarma hızlarında numuneler behere daldırılarak kaplandı.

Biyoseramik kaplama sonrasında 350 ^{0}C'de sinterleme işlemi gerçekleştirildi ve ardından numuneler 60 ^{0}C'de bir etüvde kurutuldu. Kaplanmış numunelerdeki kaplama kalınlıkları ortalama 60 µm olarak ölçülmüş ve Zn-1Cu yüzeyine iyi yapışmış kaplamalar elde edildiği gözlenmiştir.

2.3. Optik ve SEM Analizleri

Optik mikroskopta yakınlaştırma ölçeği olarak 5x ve 10x ölçekleri kullanıldı. Haddesiz ve haddeli (%47 ve %61) numunelerin mikroyapı görüntüleri elde edildi (Şekil 3.1-2). SEM ile yüksek büyütmelerde kaplamasız ve biyoseramik kaplı yüzeylerin görüntüler alındı (Şekil 3.3-4). EDS ise, numunelerin kimyasal kompozisyonunu belirlemek için kullanıldı (Şekil 3.5). Bu SEM görüntüleri ve EDS spektrumlarıyla, hadde öncesi ve sonrası ile kaplama öncesi ve sonrası yüzeyde meydana gelen değişimler gösterilmiş ve numuneler karakterize edilmiştir. Numunelerden görüntüler hadde yönünde alındı.

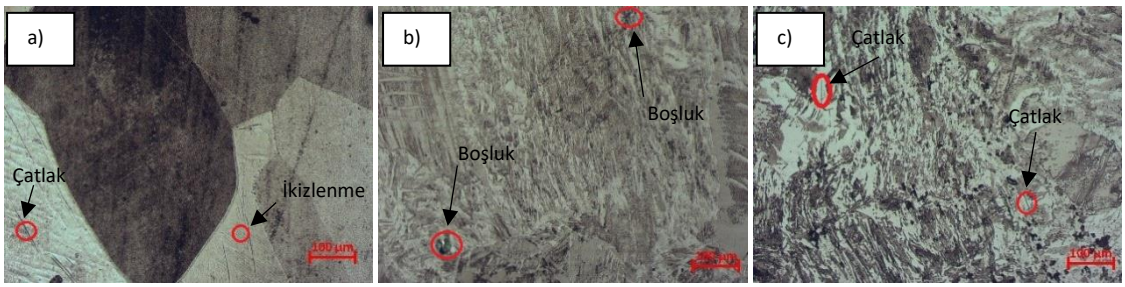
2.4. Mekanik Testler

Sertlik testinin kolay ve hızlı yapılması sayesinde kullanımı sıklıkla tercih edilir. Numunelerin mekanik özelliklerine, sertlik testi sonuçları ile yönlendirici yorumlar gerçekleştirilebilir. Numunelere Vickers sertlik testi yapıldı. Numune yüzeyine Vickers sertlik cihazıyla 4 farklı noktadan otomatik iz ölçümleri yapılarak sertlik değerleri ölçüldü ve bunların ortalaması alınarak numunelerin sertlik değerleri kaydedildi. Haddesiz ve haddeli Zn1Cu alaşımların mekanik değerlerindeki değişimler çekme testleri ile elde edilmiş olup, testlerdeki çekme hızı 1 mm/dk olarak belirlenmiş ve testler, numunelerin hadde yönünde gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

3.1. Optik Karakterizayon

Zn-1Cu numunelerinin mikroyapı görüntüleri Şekil 3.1'de verilmiştir. Haddesiz numunenin görüntülerinde sadece tek bir faza sahip yapı görülmüş, belirgin şekilde olan başka ikincil bir faz gözlenmemiştir. Bu mikroyapılarda, tane sınırları ve tane yapıları net bir şekilde görülmekte olup tane yapısı ise nispeten daha kalın ve büyük bir görünümdedir. Şekil 3.1-a'daki haddesiz numunenin görüntülerinde, dökümden kaynaklandığı değerlendirilen ikizlenme kusurları görülmüştür. Haddeli numunelerde, dökümden kaynaklı çatlaklar ve boşlukların haddenin yüksek deformasyon etkisiyle incelip uzadığı ve hadde yönünde yönlendiği gözlenmiştir. Mikroyapısal hatalar Şekil 3.1'de kırmızı daireler ile işaretlenip siyah oklarla gösterilmiştir. Haddeleme sonrasında, kısmi olarak tane sınırları belli olmaya devam ederken bazı yerlerde ise hadde yönünde yönlenmiş ve birbirine karışmış tane yapıları ortaya çıkmıştır. Tanelerin boyutlarının hadde ile birlikte inceldiği ve hadde yönüne doğru uzadığı gözlenmiştir. %61 haddelenen numunede tane yönlenmeleri daha görünür hale gelmiş, tanelerdeki incelmeler devam etmiş ve ikincil bir faz yapısı net şekilde görülmüştür. İkincil faz yapısının haddeleme oranı arttıkça görünürlüğünün arttığı tespit edilmiş olup bu durum, haddeli numunelerin sertliğini etkileyip değiştirebileceği düşünülmüştür.

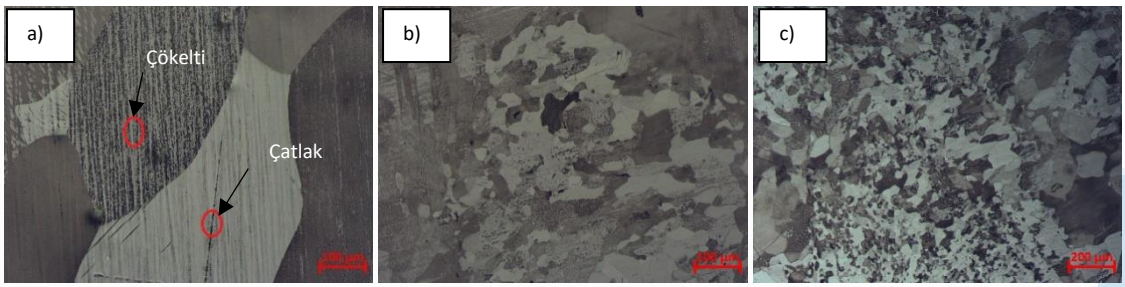


Şekil 3.1 a)Haddesiz (10x) b)%47 haddeli (10x) ve c)%61 haddeli (10x) numunelerin optik mikroskop ile görüntülenmesi

Optik analizler sonrasında haddesiz ve haddeli numunelere, 200 ^{0}C'de tavlama işlemi uygulanmış ve mikroyapısal değişimler gözlenmiştir (Şekil 3.2). Tavlama sonrasında haddesiz numunenin yine büyük tanesel yapılara sahip olduğu görülmüştür. Taneler dışındaki yapılar daha fazla belirgin hale gelerek

keskinliği ve görünürlüğü artmış, makro ve mikro çatlaklar yüzeyde yer almış ve bunların bazıları Şekil 3.2-a'da kırmızı daire içinde belirtilip siyah oklarla gösterilmiştir. Bazı tanelerin üzerinde de çökeltiler gözlenmiştir (Şekil 3.2-a).

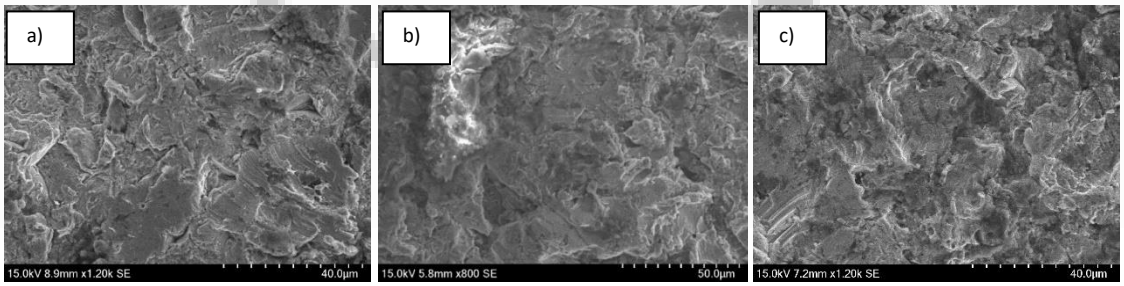
Haddeli numunelerde ise değişim deformasyonun etkisiyle daha fazla gerçekleşmiştir. Hadde sonrasında kaybolan taneler ve tane sınırları, uygulanan yeniden kristalleşmenin etkisi ile geri gelmiştir. Bazı tanelerde hadde yönüne doğru yönlenme devam etmiş ancak bazı tanelerde ise yönlenme görülmemiştir. Tane boyutlarında küçülme meydana gelmiş ve bu küçülmenin haddeleme pasosunun artmasıyla arttığı gözlenmiştir. %61 haddeli numunede ise çok daha fazla sayıda küçük taneler gözlenmiş, poroz yapı ve çatlakların da gözle görünür biçimde azaldığı görülmüştür.



Şekil 3.2 Tavlamış numunelerin optik görüntüsü a)Haddesiz (10x) b)%47 haddeli (10x) ve c) %61 haddeli (5x)

3.2. SEM ve EDS Karakterizasyonu

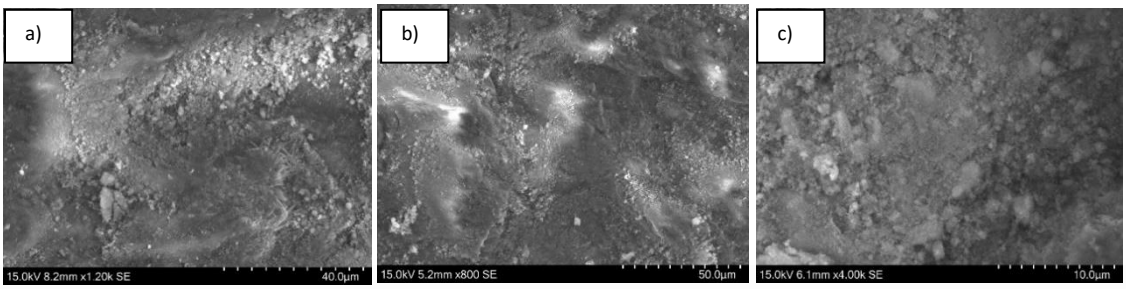
SEM kaplama öncesi görüntülerinde, Zn altlığına ve çok nadiren tane sınırları yakınlarında Cu tanelerine rastlanmıştır (Şekil 3.3). Tane sınırlarında zengin Cu içeren çökeltiler oluşmuştur [Palai vd., 2022]. Haddesiz ve kaplamasız SEM görüntülerinde yüzey deformasyonları daha görünür ve büyük ölçekli halde görünmüştür. Yüzeyde mikro çatlaklar gözükmekte ve boşluklu poroz yapılar da yer almakta olup haddeli numunelere göre nispeten daha toplu bir yapıya sahip olduğu gözlenmektedir. Tane yönlenmeleri tek bir yönde değil dağınık bir şekilde olduğu gözükmektedir. Haddeli numunelerde oluşan karmaşık yapıda, tanelerin yönlenmeleri görülmekteyken tane sınırlarının görülmesi daha zor hale gelmiştir.



Şekil 3.3 Kaplamasız numunelerin SEM görüntüsü a)Haddesiz b)%47 haddeli ve c)%61 haddeli

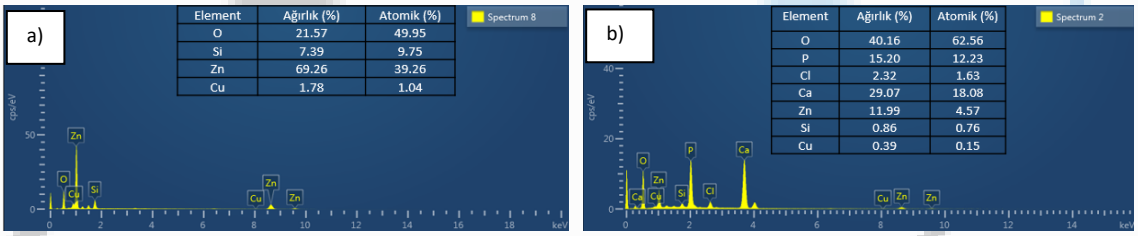
HA esaslı kaplama yapılan numune yüzeylerinin SEM görüntüleri ise Şekil 3.4'de verilmiştir. Burada en dikkate değer değişiklik, kaplanmamış numunedeki Zn-1Cu yapısındaki Zn'nin baskın görüntüsü, kaplamanın ardından farklı elementlerin varlığı ile çoklu yapıdan oluşan bir katman haline gelmiştir. Dökümden kaynaklanan poroziteli yapıda, kaplama sonrasında boşluklar dolarak kısmen düz hale gelse de boşlukların, çukurların ve poroz yapıların varlığı bazı bölgelerde yine görülmüştür. EDS analizlerinden de destekleneceği üzere, kaplamadan dolayı oval şekilde ve küçük yapılı HA esaslı bir yapı görülmektedir. Kaplama öncesi haline göre az aşınmış ve pürüzsüze yakın bir görüntü sergilemiştir. Haddesiz numunelerin kaplama sonrasındaki yüzey görüntüleri, haddeli numunelerde de benzer şekilde ortaya çıkmıştır. Numunelerin tane sınırları ve tanelerin yönlenmeleri kaybolmuş, yüzeyde yer alan

çatlaklı yapılar kaplamanın yüzeyi kapatmasıyla birlikte görülemez bir durum almıştır. Tanelerin yerine kaplamadan gelen bileşik ve elementler görülmüştür. Şekil 3.5'de verilen EDS analizlerine göre bu yapıların içeriği Ca, P, O, Si ve Cl'den oluşmaktadır. Haddelemenin getirdiği deformasyon görüntüsü, yerini kaplamanın görüntüsüne bırakmıştır. Adezyon testleri yapılmamış olmasına rağmen, numunelerde kaplamanın metalik yüzeylere yapışmasının iyi düzeyde olduğu görülmüştür.



Şekil 3.4 HA kaplamalı numunelerin SEM görüntüsü a)Haddesiz b)%47 haddeli ve c)%61 haddeli

EDS analizi ile %47 haddeli numunenin kaplama öncesi ve sonrasında kimyasal bileşimine ait spektrumları Şekil 3.5'de yer verilmiştir. Haddesiz ve %61 haddelenmiş numunelerde de benzer grafikler ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.5 %47 haddeli numunenin a)kaplama öncesi ve b)kaplama sonrasında EDS analizi

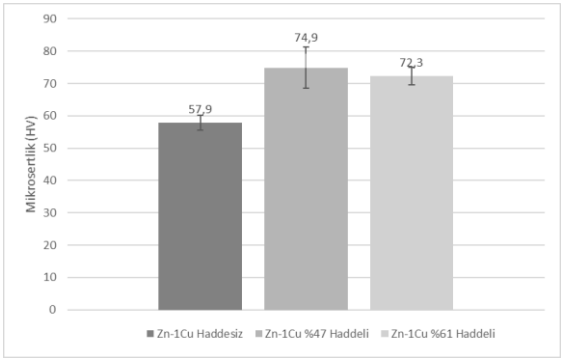
Kaplama öncesindeki EDS grafiğinde Zn ve Cu piklerinin yanında O ve Si pikleri de görünmüştür. Spektrum grafiklerinde yer alan element tabloları da bu pikleri doğrular niteliktedir. EDS piklerinde görülen O ve Si'nin sebebi ise; Si'nin zımpara kalıntılarından dolayı numune bileşiminde yer aldığı ve O'nun ise döküm sırasında numuneye sıkışan poroz yapılar olduğu tahmin edilmektedir.

HA esaslı kaplama sonrasında ise kaplama içeriğindeki Ca ve P, Şekil 3.5-b'deki piklerde ve tabloda görülmektedir. Zn altlığı kaplama sonrasında da görülmeye devam etmiş olup az miktarda Cu alaşımı da gözükmektedir. Doğal kemik yapısının ana bileşenleri olan Ca ve P elementleri uygulanan biyoseramik kaplamanın temel yapıtaşı olmuştur.

3.3. Mekanik Testler

Numunelerin sertliklerini ve çekme-akma dayanımlarını ölçmek amacıyla, kaplama öncesinde haddesiz ve haddeli (%47 ve %61) numunelere mekanik testler yapılmıştır. Numunelerin sertlik değerleri Vickers yöntemi ile ölçülmüştür. Bunun için haddesiz ve haddeli (%47 ve %61) numunelerden dörder adet ölçüm alınıp bu değerlerin ortalaması mikrosertlik değerleri olarak bulunmuştur (Şekil 3.6). Bu ölçümlerdeki sertlik dalgalanmalarının, mikroyapıdaki çatlak ve boşlukların varlığından kaynaklanabileceği düşünülmüştür [Shuai vd., 2019]. Numunelerin sertlik değerleri haddesiz numune için 57.9 HV, %47 haddeli numune için 74.9 HV ve %61 haddeli numune için ise 72.3 HV olarak bulunmuştur. %47 haddeli numune 7.28 ile en fazla standart sapma değerine sahip olurken haddesiz numune için 2.75 ve %61 haddeli numune için 3.17 bulunmuştur. Haddeleme ile malzeme yüksek deformasyona uğramış ve deformasyon sonucunda sertlik değerlerinde önemli artışlar kaydedilmiştir. Burada haddelenmiş numunelerin sertliğinin haddesiz numunelere göre daha yüksek çıkması, yapıda

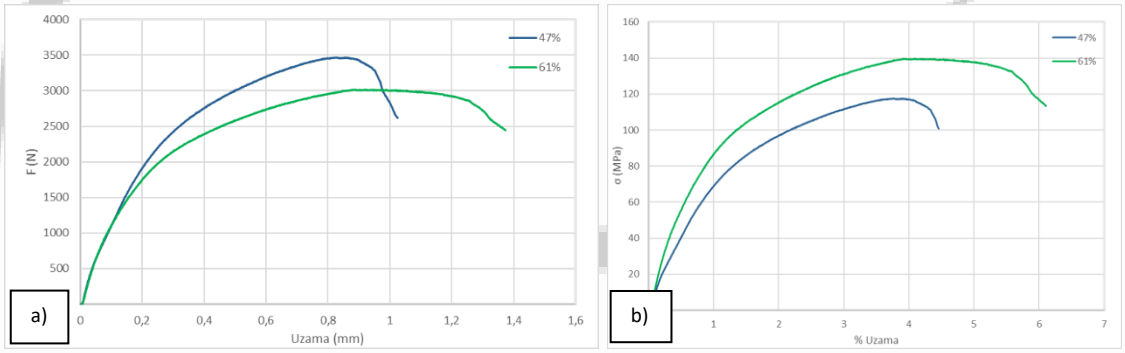
oluşan CuZn5 fazının kırılıp tane yönlenmesi boyunca dağılmasına ve tane incelmesine bağlanabilir [Niu vd., 2016].



Şekil 3.6 Haddesiz ve haddeli (%47 ve %61) numunelerin sertlik değerleri

Haddeli numunelere üçer tekrarlı çekme testleri yapılmış olup numunedeki boyutsal ve kesit değişimleri kayıt altına alınmıştır. Ortalama olarak %uzama değerleri ele alındığında; %47 haddeli numune %5.8 uzarken %61 haddeli numune %6.35 uzama yaşamıştır. Daha yüksek deformasyona uğrayan %61 haddelenmiş numune daha fazla %uzama değeri elde edilmiştir.

Haddeli numunelerin çekme ve gerilme-%uzama eğrisi Şekil 3.7'de verilmiştir. Buna göre; %47 haddeli numunede kopma daha önce gerçekleşmiştir ve %61 haddeli numune, 47 haddeli numuneye göre daha sünek bir davranış göstermiştir. %47 haddeli numunede %uzamanın azalması, gerilim konsantrasyonunun ve fazla seviyedeki ikincil fazların sebep olduğu çatlaklardan kaynaklanabilir [Liu vd., 2016]. İki numunenin de uzama değerlerinin sünek davranış gösterdiği görülmüştür.



Şekil 3.7 Haddeli (%47 ve %61) numunelerin a)Kuvvet (F) - uzama(mm) ve b) Gerilme (σ) - %uzama eğrisi

%61 haddeli numunenin gerilim değeri, tepe noktasında daha yüksek değere ulaşmış ve çekme mukavemetinin daha yüksek olmasına karşın daha önce akmaya başlamıştır. Kopmaya daha yakın davranışı ise %47 haddeli numune sergilemiştir.

Sonuç olarak; yapılan çekme testiyle haddeli numunelerin mekanik özelliklerinden elastik modülü, uzama, akma ve çekme dayanımları belirlenmiştir. Akma dayanımı %47 haddeli numune için 78.29 MPa, %61 haddeli numune için 70.68 MPa bulunmuştur. Çekme dayanımı %47 haddeli numunede 121.51 MPa ve %61 haddeli numunede 143.35 MPa bulunmuştur. Elastik modülü ise %47 haddeli numunede 7.63 GPa değeri bulunurken %61 haddeli numunede 14.24 GPa sonucu elde edilmiştir. Haddelemede paso sayısı ile deformasyon miktarının artmasının elastik modülü ve çekme mukavemetini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Zn-1Cu alaşımının, saf Zn'ye karşı daha iyi mekanik değerler sağladığı çeşitli araştırmalarda belirlenmiştir [Li 2019; Shuai 2020]. Haddesiz Zn-1Cu alaşımının, haddeleme ile daha iyi çekme ve akma mukavemetine sahip olabileceği belirtilmiştir [Li vd., 2019].

SONUÇ

Biyoçözünür implant malzeme olarak Zn-1Cu ark ergitme yöntemiyle dökülerek üretilmiş, daha sonra elde edilen alaşım farklı oranlara haddelenmiş (%47 ve %61) ve sol-gel yöntemiyle biyoseramik kaplanmıştır. Zn-1Cu numunelerinin mekanik ve yapısal karakterizasyonu yapılmıştır.

Yapılan yapısal analizler sonunda; haddeleme ile tanelerin hadde yönünde yönlendiği ve porozitelerde artış meydana geldiği gösterilmiştir. Haddesiz numunede çatlaklar ve boşluklar yaygın değilken, haddeleme sonrasında numune yüzeyinde daha fazla görülmüştür. Saf döküme kıyasla haddeli numunelerde tanelerin inceldiği ve sertliğin arttığı belirlenmiştir.

Haddeleme sonrasında yapılan yeniden kristalleşme tavlamasıyla taneler toparlanmış ve soğuk haddelemenin etkisi mikroyapısal olarak gözle görülür biçimde azalmıştır. Haddesiz numunenin optik görüntülerinde ise tane keskinliği artmış ve taneler üzerinde çökeltiler meydana gelmiştir.

Yapılan mekanik testlerde; %61 haddeli numunelerin, %47 haddeli numuneye göre daha fazla %uzama sağlamıştır. %61 haddeli numunenin çekme dayanımı ve elastik modülü, %47 haddeli numuneye göre daha yüksek değerler vermiştir. %47 haddeli numune ise sertlik değeri en yüksek numune olmuştur.

SEM ve EDS analizlerinde kaplama özellikleri görüntülenmiştir. Bu analizlerde kaplama öncesinde yüzeyde boşluklar, çatlaklar ve yönlenmelerin olduğu ancak kaplama sonrası bu boşlukların dolduğu gösterilmiştir.

KAYNAKÇA

Abdul Halim, N. A., Hussein, M. Z., ve Kandar, M. K. (2021). Nanomaterials-Upconverted Hydroxyapatite for Bone Tissue Engineering and a Platform for Drug Delivery. International journal of nanomedicine, 16, 6477–6496.

Altuncu, E., Üstel F., (2012). Medikal kaplamalar ve teknolojik beklentiler. Türk Mimar ve Mühendis Odaları Birliği.

Bahraminasab, M., Sahari, B., Edwards, K., Farahmand, F. ve Arumugam, M., (2013). Aseptic loosening of femoral components - Materials engineering and design considerations. Materials and Design, 44, 155-163.

Gökçe, H., (2020). Ticari Saflıktaki Bakır Malzemenin Delinme Performansının İncelenmesi. El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(3); 1039-1053.

Katarivas Levy, G., Leon, A., Kafri, A., Ventura, Y., Drelich, J. W., Goldman, J., … Aghion, E. (2017). Evaluation of biodegradable Zn-1%Mg and Zn-1%Mg-0.5%Ca alloys for biomedical applications. Journal of Materials Science: Materials in medicine, 28(11), 174.

Li, L., Liu, C., Jiao, H., Yang, L., Cao, F., Wang, X. ve Cui, J. (2021). Investigation on microstructures, mechanical properties and in vitro corrosion behavior of novel biodegradable Zn-2Cu-0.01Ti-xLi alloys. Journal of Alloys and Compounds, 888, 161529

Liu X., Sun J., Zhou F., Yang Y., Chang R., Qiu K., … Zheng Y. (2016). Microalloying with Mn in Zn–Mg alloy for future biodegradable metals application. Materials and Design, 94, 95-104.

Moravej, M. ve Mantovani, D. (2011). Biodegradable metals for cardiovascular stent application: interests and new opportunities. International Journal of Molecular Sciences, 12(7), 4250–4270.

Mostaed, E., Sikora-Jasinska, M., Drelich, J. W. ve Vedani, M. (2018). Zinc-based alloys for degradable vascular stent applications. Acta biomaterialia, 71, 1–23.

Niu J., Tang Z., Huang H., Pei J., Zhang H., Yuan G., Ding W. (2016). Research on a Zn-Cu alloy as a biodegradable material for potential vascular stents application. Materials Science and Engineering: C, 69, 407-413.

Palai, D., Roy, T., Prasad, P. S., Hazra, C., Dhara, S., Sen, R., … Das, K. (2022). Influence of Copper on the Microstructural, Mechanical, and Biological Properties of Commercially Pure Zn-Based Alloys for a Potential Biodegradable Implant. ACS Biomaterials Science and Engineering, 8(4), 1443–1463.

Porter F. (1994). Corrosion resistance of zinc and zinc alloys. CRC Press, 6–7.

Shuai C., Cheng Y., Yang Y., Peng S., Yang W. ve Qi F. (2019). Laser additive manufacturing of Zn-2Al part for bone repair: formability, microstructure and properties. Journal of Alloys and Compounds, 798:606–615

Shuai C., Dong Z., He C, Yang W., Peng S., Yang Y. ve Qi, F. (2020) A peritectic phase refines the microstructure and enhances Zn implants. Journal of Materials Research and Technology, 9:3, 2623-2634.

Yun Y., Dong Z., Lee N., Liu Y., Xue D., Guo X., ... Fox C. (2009). Revolutionizing Biodegradable Metals. Materialstoday, 22-32.

Presentation ID / Sunum No: 134

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-3433-0652

Serbest Biçimli Geri Dönüşümlü Gömme Yöntemini Esas Alan Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi İle Silikon Malzeme Kullanılarak Suni İnsan Doku Prototipinin Üretimi

Araştırmacı Ayşenur Bozo[1], Araştırmacı Nuri Yıldız[1], Doç.Dr. Recep Gümrük[1]
[1]Karadeniz Teknik Üniversitesi

*Corresponding Author: Ayşenur Bozo

Özet: *Silikon, yüksek ve düşük sıcaklıklarda fiziksel özelliklerini kaybetmeyen, biyolojik inertlik gibi karakteristik özellikleri sebebiyle dental, medikal vb. birçok alanda kullanılan bir malzemedir. Silikonla protez üretimleri günümüzde kalıplama, yumuşak liteografi vb. gibi yöntemlerle kısıtlı kalmaktadır. Bu yöntemlerle, karmaşık geometrili parçaların üretimi oldukça zordur. Bu durum, 3 boyutlu (3B) yazıcı ile üretim gibi alternatif çözüm arayışlarını oluşturmuştur. 3B yazıcı ile üretilen silikon protezler, sentetik doku çalışmaları gibi pek çok alanda halihazırda kullanılmaktadır. Kalıp gerektirmediği için tasarım çalışmalarında zaman kaybının önüne geçmek için parça üretiminde tercih edilmektedir. Bu sebeple çalışmamızda Eklemeli İmalat (Additive manufacturing, AM) yöntemlerinden biri olan henüz ülkemizde yaygınlaşmamış Serbest Biçimli Geri Dönüşümlü Gömme (Freeform Reversible Embedding, FRE) yöntemiyle silikon parçaların yerli olarak üretilmesi ve bu sistemin geliştirilip literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu çalışmada, RTV segmentinde olan silikonlar kullanılarak yerli silikon protez basabilecek özelliklerde yazıcı üretilmiş ve bu yazıcıyı biyouyumlu silikonlar ile sentetik doku basabilecek seviyeye getirmek için gerekli parametrik çalışmalar yapılmıştır. Silikon protez, eklemeli imalat yöntemlerinden biri olan serbest biçimi geri dönüşümlü gömme yöntemi kullanılarak üretilir. Yazıcı olarak FDM tipi bir yazıcı ve baskı malzemesi olarak RTV silikon kullanılmıştır. İlk olarak, silikon basabilen özel enjektör sistemi tasarlanarak FDM tipi yazıcı FRE tipi yazıcıya dönüştürülmüştür. Daha sonra yoğun olan silikonun enjektör iğnesinden akışının sağlanabilmesi için tiner ile inceltilme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Akışkan olan silikonun kürleşene kadar geometrisini koruyabilmesi için yazıcıya uygun destek havuzu üretilmiştir. Havuz malzemesi olarak silikon ile vizkozite değerlerlerinin yakın olduğu destek jeli kullanılmıştır. Baskı alınacak test numuneleri için gerekli G-Code'lar hazırlanmıştır. Tasarlanan yazıcı kullanılarak akışkanlığı sağlanan silikon havuz içerisine enjekte edilerek test numuneleri üretilmiştir. Daha sonra üretilen numuneler üzerinde katmanlar arası yapışma özellikleri incelenmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Serbest Biçimli Geri Dönüşümlü Gömme (Fre), Sentetik Doku Prototipleme, Silikon*

Production of Artificial Human Tissue Prototype Using Silicone Material With Three-Dimensional Printer Technology Based On Freeform Reversible Embedding Method

Abstract*: Silicone is a material that does not lose its physical properties at high and low temperatures and is used in many fields such as dental, medical, etc. due to its characteristic properties such as biological inertness. Prosthesis production with silicone is currently limited to methods such as molding, soft lithography, etc. With these methods, it is very difficult to produce parts with complex geometries. This situation has led to the search for alternative solutions such as production with a 3-dimensional (3D) printer. Silicone prostheses produced with 3D printers are already used in many fields such as synthetic tissue studies. Since it does not require molds, it is preferred in part production to prevent time loss in design studies. For this reason, in our study, it is aimed to produce silicone parts locally with the Freeform Reversible Embedding (FRE) method, which is one of the Additive manufacturing (AM) methods, which has not yet become widespread in our country, and to contribute to the literature by developing this system. In this study, a printer capable of printing domestic silicone prostheses using silicones in the RTV segment was produced and the necessary parametric studies were carried out to bring this printer to a level that can print synthetic tissue with biocompatible silicones. Silicone prosthesis is produced using the free-form reversible embedding method, which is one of the additive manufacturing methods. An FDM type printer was used as the printer and RTV silicone was used as the printing material. First, the FDM-type printer*

was converted into an FRE-type printer by designing a special injector system that can print silicone. Then, thinning studies were carried out with thinner to ensure the flow of the dense silicone through the injector needle. In order for the fluid silicone to maintain its geometry until curing, a support pool suitable for the printer was produced. Support gel with close viscosity values with silicone was used as the pool material. Necessary G-Codes were prepared for the test samples to be printed. Test specimens were produced by injecting the viscosified silicone into the pool using the designed printer. Then, interlayer adhesion properties were examined on the produced sampl

Keywords: *Freeform Reversible Embedding (Fre), Synthetic Prototyping, Silicone*

GİRİŞ

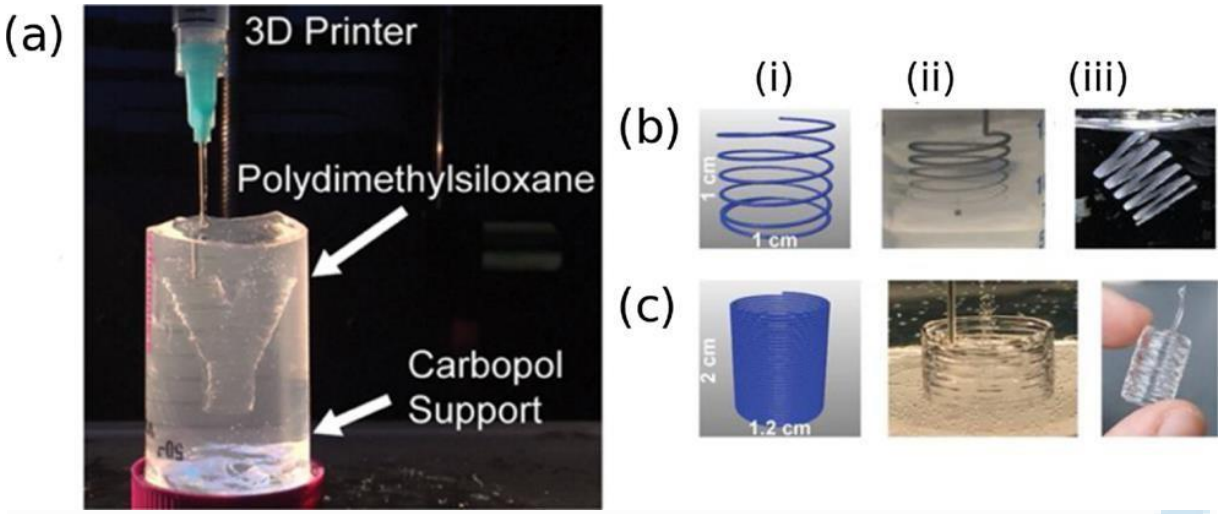
Bir vücut uzvunun eksikliği, hastalarda psikolojik bozukluklara ve sosyal izolasyona neden olabilir. Özellikle kranio-maksillo-yüz travmasını düzeltmek için kullanılan silikon protezin, hastaların psikolojik olarak iyileşme süreçlerine yardımcı olduğu görülmüştür. Tedavi aşamasında uzvu eksik olan hastanın tasarım ve üretim aşamalarında fiziksel olarak bulunması gerekmektedir. Ayrıca, eksik uzvun kalıp oluşturma süreci hasta için hem psikolojik hem fiziksel olarak rahatsız edici olabilmektedir. Örneğin bir burun protezi üretiminde uzun bir süre solunum yolunun kapatılması gerekebilir. Ayrıca ölçü amacıyla kullanılan alçılar ağırdır ve altta yatan yumuşak dokuda bozulmaya neden olabilir. Bununla birlikte doğrudan temas edilerek gerçekleştirilen bir süreç de hastalarda enfeksiyon kapma riski oluşabilmektedir. Ayrıca protezlerin renk ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak bir süre sonra değiştirilmesi gerekebilir. Bu da hastanın bu zorlu süreci birden çok kez yaşamak zorunda kalmasına neden olur. Şekil 1'de burnunu kaybetmiş olan bir hastaya kalıplama yöntemi ile protez yapımı gösterilmiştir.

Şekil 1. Geleneksel Kalıplama Yöntemiyle Burun Protezi Yapılan Hasta [1]



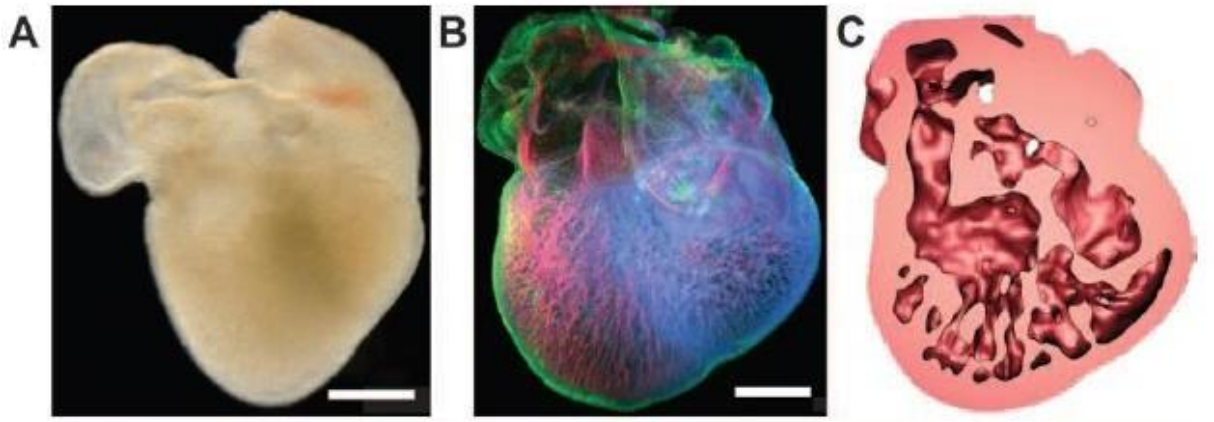
Gelişen 3B baskı teknolojisi ile bu süreç hem hasta için en zahmetsiz şekilde gerçekleştirilebilir hem de daha az maliyetli oluşu ile çalışmayı kullanılabilir kılmaktadır. Silikon protez üretimi eklemeli imalat teknolojisinin ortaya çıkmasıyla birlikte daha az maliyetli ve yerinde üretim olanağı sağladığından geleneksel kalıpla silikon protez üretiminin önüne geçmektedir. Eklemeli imalat teknolojisi dental ve medikal sektöründe silikon protezler, kişiye özel protez imalatı, sentetik doku prototipleme ortopedik ve diş implantları, doku iskeletleri ve yapay organlar gibi geniş ürün yelpazesinin üretilmesine olanak tanımaktadır [2]. Geleneksel protez üretimi; Alçı döküm, negatif alçılama, negatif alçı kapatılması, pozitif alçı yapılması, pozitif alçı düzeltilmesi ve bitirmesi, lamine pozitifi, pozitifi kesme, kesimin düzeltilmesi gibi zaman alıcı birkaç adım içerirken, eklemeli imalat ise; Vücut kısmı taranması, protez tasarım aşaması, hızlı üretim, temizleme [3] gibi daha hızlı doğrudan üretime izin verir. Bu sayede parçaların üretim süresinin kısalmasına ve üretimde maliyetin düşürülmesine olanak sağlamaktadır. Üretilecek protezin malzemesine ve kullanım alanına uygun tasarımına bağlı olarak farklı eklemeli imalat yöntemleri kullanılmaktadır. Eklemeli imalat, serbest formlu tasarım sağlamak gibi birçok avantaja sahiptir. Bu teknolojide kullanılan FRE yazıcılar karmaşık geometrili parçaları destek gerektirmeden, basılacak malzemeyi destek banyosu içerisine yığarak serbest formda parça üretebilmektedir. Şekil 2'de destek banyosu içerisine serbest biçimde protez basımı gösterilmektedir.

Şekil 2. FRE Yöntemi ile Silikon Basımı A) Carbopol Destek Banyosu İçerisine Silikon Yapıların İmalatı İçin FRE Yöntemi, B) Sarmal Silikon Yapı, C) Silindirik Silikon Tüp Yapı



Bu yöntemin sayesinde, geleneksel yaklaşımlar kullanılarak üretilmesi mümkün olmayan karmaşık ve boşluklu iç tasarıma sahip protezlerin destek banyosu içerisine basımı gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 3'te FRE yöntemi ile üretilmiş bir civciv kalbinin 3 görüntüsü yer almaktadır [4].

Şekil 3. Eksplante Edilmiş 5 Günlük Embriyonik Civciv Kalbinin Görüntüsü; A) Karanlık Alan Görüntüsü, B) Fibronektin (Yeşil), Çekirdek (Mavi) ve F-Aktin (Kırmızı) İçin Boyanmış ve C)Konfokal Mikroskopla Görüntülenmiş Trabekülasyonlu Embriyonik Kalbin 3D Modelinin Bir Kesiti



YÖNTEM

Proje kapsamında yürütülecek aşamalar iki başlık altında gerçekleştirilmiştir.

2.1. FDM Yazıcının FRE Yöntemine Uygun Modifiye Edilmesi

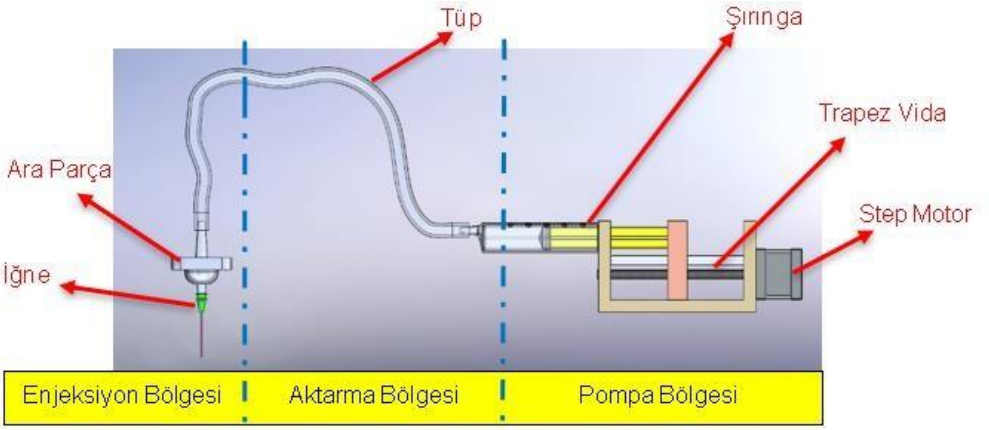
Bu aşamadaki çalışmalar iki bölümden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi şırınga pompa sisteminin ve banyonun üretilmesi, ikinci aşamada sistemin elektronik donanımının ve yazılımının oluşturulmasıdır.

2.1.1. Şırınga Pompa Sisteminin ve Banyonun Üretilmesi

Şekilde görüldüğü üzere şırınga pompa sistemi; pompa bölgesi, aktarma bölgesi ve enjeksiyon bölgesi olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır (Şekil 4). Pompa bölgesi, bir step motor tahriki ile döndürülen vidalı milin şırınga pistonunu itmesiyle şırınga içerisindeki silikonun sıkıştırılarak aktarma bölgesine iletilmesi sağlanmıştır. Literatürdeki çalışmalardan [5] yola çıkılarak, çalışma hassasiyetinin ve torkunun ayarlanabilir oluşundan pompa sistemimizde Nema 17 step motoru kullanılmıştır. Step motorun dönme hareketi bir vidalı mil yardımıyla şırınga pistonuna itme hareketi olarak iletilmiştir.

Protez üretiminde kullanacağımız silikonun depolanma ve basılması için standart 20ml plastik şırınga kullanılmıştır.

Şekil 4. FRE Üretim Yönteminde Kullanım Amacıyla Tasarlanan Şırınganın Katı Model Görüntüsü

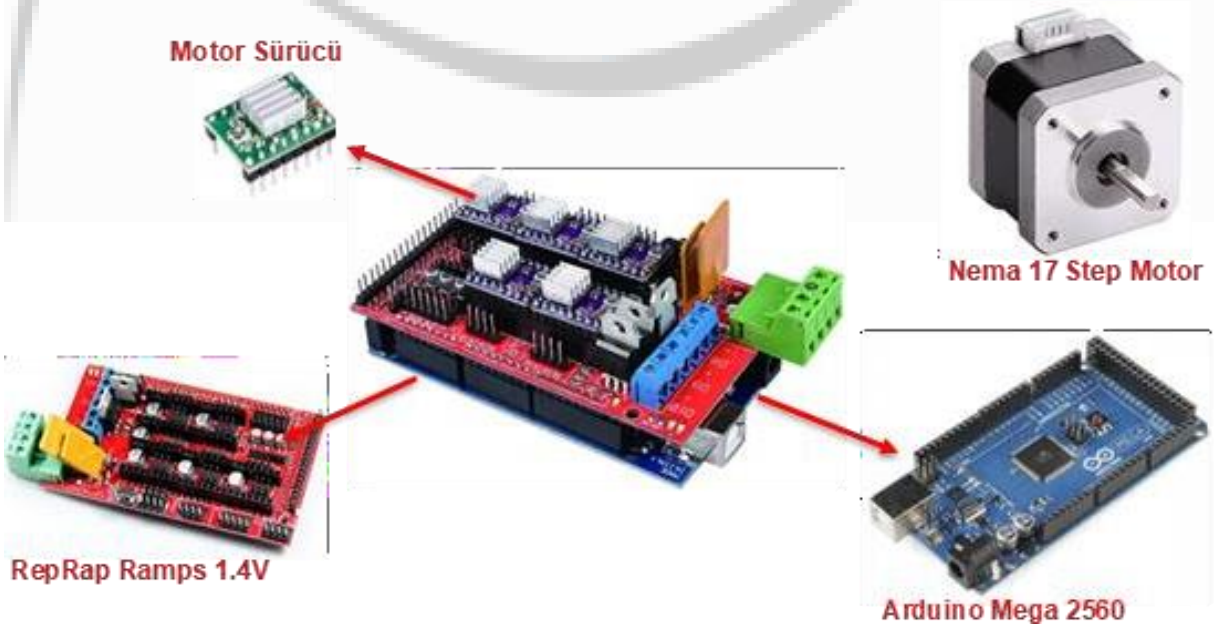


Şırınga pompa sisteminin ikinci bölgesi olan aktarma bölgesi, şırıngadan basılan silikonun hareketli enjeksiyon bölgesine iletiminin sağlanması için esnek tüp seçilmiştir. Şırınga pompa sisteminin son bölgesi olan enjeksiyon bölgesinde ise esnek tüp ile enjektör iğnesini birbirine bağlayan ve aynı zamanda yazıcı sistemine enjeksiyon bölgesini bağlayacak olan ara parça konumlandırılmıştır. Bu ara parça, gerekli mukavemet değerlerinin sağlanması için 3B yazıcı ile PLA malzemeden üretilmiştir. Yapılan literatür çalışmalarına göre [6] kullanılan iğnenin optimum baskı kalitesini sağlayabilmesi için standart 0.70x32mm enjektör iğnesi olarak seçilmiştir. Baskı sürecinin tamamının gözlemlenebilmesi için tasarımı yapılmış olan banyo, saydam polikarbonat malzemeden imal edilmiştir.

2.1.2. Elektronik Donanımı ve Yazılımının Oluşturulması

Şırınga pompa sisteminde kontrolcü olarak Arduino Mega 2560 geliştirme kartı ve RepRap Ramps 1.4V kullanılmıştır. Bu kontrol kartı üzerinde sürücü kontrolü bulunan Nema 17 step motoru ve motor sürücü aracılığıyla Arduino diliyle kodlanan yazılım ile kontrolü sağlanmıştır.

Şekil 5. Şırınga Pompa Sistemini Kontrol Etmek İçin Kullanılacak Olan Elektronik Donanım Elemanları



2.2. Silikon Protez Numunelerinin Üretilmesi

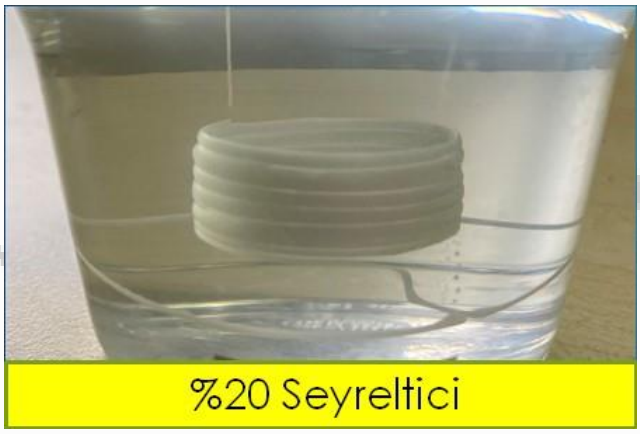
Silikon protez numunelerinin üretilmesinde kullanılacak olan biyouyumlu silikon ile fiziksel veya kimyasal tepkimeye girmeyecek destek banyo malzemesi yapılan literatür çalışmalarına göre carbopol olarak belirlenmiştir. Enjekte edilecek olan silikon enjektör iğnesinden akışının sağlanabilmesi için belirlenmiş parametrelerdeki tiner oranı ile seyreltilmiştir. Ardından silikona, ağırlığının %0.8'i kadar katalizör katılarak homojen bir şekilde karıştırılıp enjektör içerisine aktarılmıştır. Silikona katılan katalizör oranı silikonun kürleşme süresine doğrudan etki ettiği çalışmalar sırasında gözlemlenmiştir. Baskı süresi boyunca silikonun kürleşip akışkanlığını kaybetmemesi için gerekli olan katalizör oranı kullanılan silikon ağırlığının %0,8'i olarak belirlenmiş ve alınan her numune için bu oran sabit tutulmuştur. Üretilecek olan test numunelerine uygun G-Gode'ları hazırlanmıştır. Baskı hızı her numune için sabit tutulmuş ve 1mm/s olarak belirlenmiştir. Çalışmamızdaki belirleyici değişkenler akış oranı ile seyreltici oranı olup numunelerin üzerindeki etkileri incelenmiştir.

SONUÇ

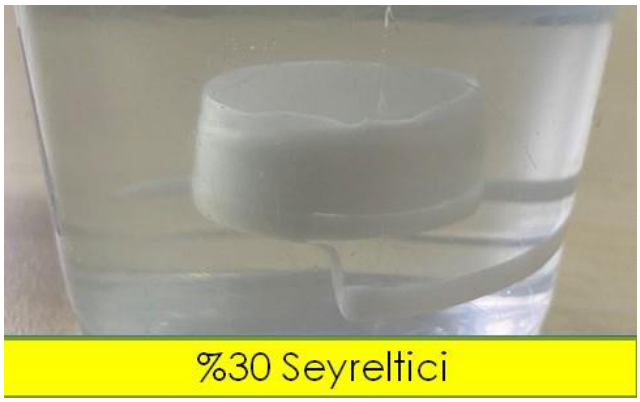
Bu çalışma kapsamında Serbest Biçimli Geri Dönüşümlü Gömme yöntemi esas alınarak RTV silikon ile silindir numuneler üretilmiştir. Katalizör oranı her numune için sabit ve kullanılan silikon ağırlığının %0,8'i olarak belirlenmiştir. Üretilen test numunelerinin katmalar arası yapışma durumları incelenmiştir. Çalışmalar seyreltici oranı ve katman kalınlığı olmak üzere iki değişken parametre üzerinde gerçekleştirilmiştir. İncelenen parametrelerde doğruluğu sağlamak için her numuneden 3'er adet üretilmiştir.

Üretilen numuneler arasında kıyaslama yapılarak seyreltici oranının %20-%40 aralığında en iyi katmanlar arası yapışmanın %30 olduğu gözlemlenmiştir.

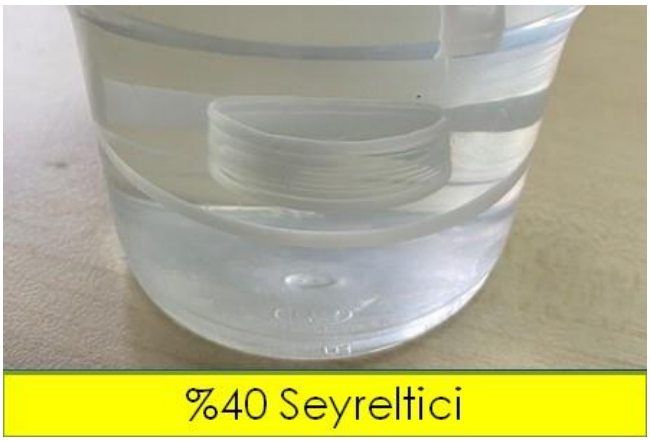
Şekil 6. %20 Seyreltici Katkılı



Şekil 7. %30 Seyreltici Katkılı



Şekil 8. %40 Seyreltici Katkılı

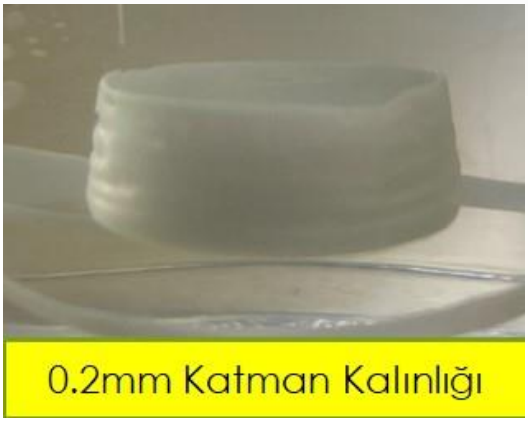


Yapılan çalışmalarda katman kalınlığı 0.1mm ve 0.4mm aralığında üretilen numuneler sonucunda 0.3mm katman kalınlığına sahip numunelerin katmanlar arası yapışma diğer katman kalınlığı oranlarında alınan numunelere kıyasla daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Şekil 9. 0.1mm Katman Kalınlıklı



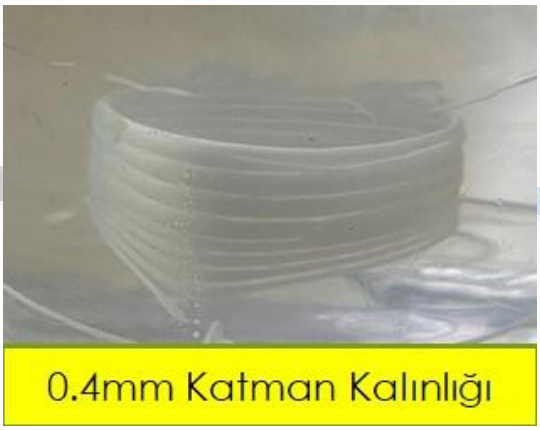
Şekil 10. 0.2mm Katman Kalınlıklı



Şekil 11. 0.3mm Katman Kalınlıklı



Şekil 12. 0.4mm Katman Kalınlıklı



ÖNERİLER

Serbest Biçimli Geri Dönüşümlü Gömme yöntemi ile silikon basımı, eklemeli imalat teknolojisinde termoset malzemelerin kullanımına ve desteksiz baskıya imkân sağlaması adına yeni bir araştırma konusu açmaktadır. Baskı kalitesinin iyileştirilmesi ve biyouyumlu silikonların kullanımlarının optimizasyonları ile mevcut sonuçların iyileştirilmesi düşünülmektedir.

Basım hızı parametresi incelendiğinde havuz malzemesinde iğne ucunun yarattığı yarılmalar giderilebilmesi ve daha iyi baskı kalitesi elde edilebilmesi için havuz sıcaklığı önemli bir partere olarak incelenmelidir.

Havuz malzemesinde karşılaşılan yarılma probleminin yanında baskı hızının basıcı iğne ucunun ısıtılması ile arttırılabileceği incelenebilir.

Baskı kalitesinin iyileştirilmesi, farklı havuz malzemelerinin denenmesi ve bunların optimizasyonları üzerine çalışmalar yapılabilir.

Basımda kullanılan RTV silikon yerine kullanım alanına uygun farklı silikon malzemeler üzerine araştırma yapılabilir.

FDM yöntemi ile üretimi mümkün olmayan farklı termoset malzemelerin kullanılan Serbest Biçimli Geri Dönüşümlü Gömme yöntemi ile basılması üzerine çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

[1] G. Eason, B. Noble, and I.N. Sneddon, “On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions,” Phil. Trans. Roy. Soc. London, vol. A247, pp. 529-551, April 1955. (references)

[2] K. Elissa, “Title of paper if known,” unpublished.

[3] R. Nicole, “Title of paper with only first word capitalized,” J. Name Stand. Abbrev., in press.

[4] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, “Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface,” IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740-741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetics Japan, p. 301, 1982].

[5] M. Young, The Technical Writer’s Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.

[6] Grosskopf AK, Truby RL, Kim H, Perazzo A, Lewis JA, Stone HA. Viscoplastic Matrix Materials for Embedded 3D Printing. ACS Applied Materials and Interfaces. 2018;10(27):23353-23361. Doi:10.1021/acsami.7b19818

Presentation ID / Sunum No: 16

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-5324-4012

Motosikletli Kuryelerin İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi

Araştırmacı Ayça Eda Aydın[1], Prof.Dr. Aydın Şık[1]
[1]Gazi Üniversitesi

*Corresponding author: Ayça Eda Aydın

Özet: *Bu çalışmanın amacı pandemi dönemi ile sayıları oldukça artan motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği risklerini belirlemek ve alınması gereken önlemler için önerilerde bulunmaktır. Çalışma motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği açısından günlük karşılaştıkları riskler ve alınması gereken önlemleri kapsamaktadır. Çalışmada yöntem olarak L tipi matris analizi risk değerlendirmesi kullanılmıştır. Risk analizi sonucunda motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği riskleri ele alınarak alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Özellikle koronavirüs salgını ile motosikletli kuryelerin sayıları ciddi bir oranda artış göstermiştir. Bu artış ile motosikletli kuryelerin karşılaştıkları kaza oranları da yükselişe geçmiştir. Bu durum motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği açısından önemlidir. Bu çalışmada literatür araştırması ile motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği açısından karşılaştıkları riskleri ve alınması gereken önlemleri vurgulamaktadır.*

Anahtar Kelimeler: *İş Sağlığı ve Güvenliği, Motosikletli Kurye, Risk Analizi*

Occupatıonal Health and Safety Rısk Assessment of Motorcycle Couriers

Abstract*: The aim of this study is to determine the occupational health and safety risks of motorcycle couriers, whose numbers have increased considerably whit the pandemic period, and to make suggestions fort he precautions to be taken. The study covers the daily risks faced by motorcycle couriers in terms of occupational health and safety and the precautions to be taken. L-type matrix analysis risk assesments was used as a method in the study. As a result of the risk analysis, the occupational health and saftey risk of the motorcycle couriers were discussed and the precautions to be taken were determined. Especially with the coronavirus epidemic, the number of motorcycle couriers has increased significantly. With this increase, the accident rates encountered by motorcycle couriers have also increased. This is important in terms of occupational health and safety of motorcycle couriers. In this study, the literature review highlights the risks faced by motorcycle couriers in terms of occupational health and safety and the precautions to be taken.*

Keywords: *Occupational Health and Safety, Motorcycle Courier, Risk Analysis.*

GİRİŞ

Koronavirüs salgınıyla beraber birçok sektörün çalışma biçimi değişti, bazı sektörler bu durumdan ekonomik ve sosyal olarak etkilendi. Pandemi döneminden büyük bir oranda etkilenen meslek gruplarından biri de motosikletli kuryeler oldu. Yayınladığı bir haberde Elden (2021) "Tüm Anadolu Motosikletli Kuryeler Federasyonu verilerine göre pandeminin başından bu yana 180'den fazla motosikletli kurye trafik kazası sebebiyle hayatını kaybetti." bilgisini paylaşarak durumun ciddiyetini gözler önüne seriyor. Motosikletli kuryeler çalışırken birçok tehlike ve risk faktörü altında görevlerini yerine getiriyor. Hem psikolojik hem de fiziksel etmenlere gün içerisinde maruz kalıyorlar. Firmalar tarafından hızlı teslimat baskısı yapılıyor ve bu onlar için tehlikeli durumlar oluşturuyor. Bu çalışma mevcut yapılmış çalışmalar ile bu ve bu gibi durumların tespit edilerek risk değerlendirmesi yapılması ve alınması gereken önlemler açıklanarak önerilerde bulunulması üzerine yapılmıştır.

Çalışmada metot olarak L tipi matris analizi risk değerlendirmesi kullanılmıştır. Risk analizi sonucunda motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği riskleri ele alınarak alınması gereken önlemler

belirlenmiştir. Gün içerisinde birçok tehlike ve risk faktörü altında kalan motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması mesleki ve insani açıdan önem arz etmektedir.

AMAÇ

Bu çalışmanın amacı pandemi dönemi ile sayıları oldukça artan motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği risklerini belirlemek ve alınması gereken önlemler için önerilerde bulunmaktır. Çalışma motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği açısından günlük karşılaştıkları riskler ve alınması gereken önlemleri kapsamaktadır. Motosikletli kuryelerin mesleklerini icra ederken iş sağlığı ve güvenliği hayati açıdan önem taşımaktadır. Birçok motosikletli kurye günlük hayatta karşılaştıkları tehlike ve risklere dikkat çekmek ve daha güvenilir bir şekilde mesleki görevlerini yerine getirmek istiyor. Çalışmada literatür araştırması ile bu tehlike ve risk faktörlerini belirlenip risk değerlendirmesi yapılmıştır.

Çalışmanın metodu L tipi matris analizi risk değerlendirmesidir. Risk analizi sonucunda motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği riskleri ele alınarak alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği tehlike ve risk durumları tespit edilerek risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan risk değerlendirilmesi sonucunda durumun hangi risk kategorisinde bulunduğu tespit edilmiştir. Risk kategorilerine göre tedbir alınması gereken süreç ve yöntemler belirlenmiştir.

KAPSAM

İş sağlığı, çalışanların fizyolojik, psikolojik ve sosyolojik olarak tam iyilik durumlarının devamlılığının sağlanmasını gözeten, çalışma ortamında kullanılan araç ve gereçlerden kaynaklanabilecek olası tehlike faktörlerinin en aza indirilmesini hatta tamamen önlenmesini hedefleyen bir bilim dalıdır (Saraç,1998). İş sağlığı tüm meslek grupları için çok önemlidir.



Resim 1. Motosikletli Kuryelerin İş Sağlığı Güvenliği İçin Yapmış Olduğu Eylem Görüntüsü

İş güvenliği, işin yapıldığı esnada çalışanın işin yapılmasından kaynaklı tehlikelerden korunmasına yönelik ve çalışanın sağlığına zarar verebilecek risk etmenlerinin ortadan kaldırılması veya minimum seviyeye indirilmesi için yapılan teknik çalışmalardır (Başbuğ, 2005). Resim 1'deki görselde motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği için yapmış olduğu eylem görülmektedir. Özellikle firmalar tarafından yapılan hızlı teslimat baskısının can güvenliklerini tehlikeye attığını vurgulayan motosikletli kuryeler iş sağlığı ve güvenliği konusuna dikkat çekmektedir. Motosikletli kuryeler siparişin hızlı teslimatının istenmesi ile kendi canlarının tehlikeye atılması durumuna tepki göstermektedir. Çalışırken hayatlarının tehlike altında olmasına karşı çıkmaktadırlar.

İş sağlığı ve güvenliği hedefleri üç ana unsur altında toplanmaktadır bu unsurlar çalışanları korumak, üretim güvenliğini sağlamak ve işletme güvenliğini sağlamak şeklinde açıklanmaktadır (Eken, 2011). İş

sağlığı ve güvenliği çalışanı her anlamda korumayı hedefler. Çalışanın işletmede herhangi bir yaralanmalı veya ölümlü iş kazasıyla karşılaşmaması için gerekli önlemleri alır. Çalışanın meslek hastalıklarına yakalanmaması için çalışma ortamını en uygun hale getirir. İş sağlığı ve güvenliği aynı zamanda üretim güvenliğini de sağlar. Üretim hattında ilgili güvenlik önlemlerini alarak verimliliği arttırır. İş sağlığı güvenliği işletmedeki yangın tüplerinin takibini, konumları, çeşitli acil durum uyarı ve işaretleriyle ve periyodik kontrolleriyle işletmenin güvenliğini sağlar. Bu durum motosikletli kuryeler için kişisel koruyucu ve donanımların kullanılması açısından önem arz eder. Motosikletli kuryeler birçok platformda kendi canlarının tehlike altında olduğu başka sürücülerin bir anlık dikkatsizlikleri ve dış etkenler yüzünden çok ciddi yaralanmalar ve maddi kayıplar yaşadıklarını vurgulamaktadırlar. Hatta ölümle sonuçlanan olaylarda arkadaşlarını kaybettikleri için çok üzgün olduklarını ve başka can kaybı yaşamak istemediklerini bir an önce önlem alınması gerektiğini savunmaktadırlar. Motosikletli kuryeler ayrıca birçok sipariş notunda hızlı gelsin şeklinde yazıların onları tehlikeye attığını özellikle olumsuz hava koşullarında teslimatta sorun yaşadıklarına dikkat çekmek istiyorlar.



Resim 2. Motosikletli Kuryelere Yapılan Hız Puanlaması Baskısı

Trafik kazalarının önüne geçilmesi amacıyla yapılmakta olan eğitim faaliyetleri, alt yapıda iyileştirme çalışmaları, hukuki alt yapı çalışmaları ve denetimler ayrıca yol kullanıcılarının dahil oldukları ölüm, yaralanma ve maddi hasarla sonuçlanan olayların önüne geçmek veya en aza indirebilmeyi hedefleyen ve bu doğrultuda yapılan çalışmalar trafik güvenliği şeklinde tanımlanmaktadır. Resim 2'de motosikletli kuryelerin teslimattan sonra müşteri tarafından değerlendirilerek teslimat hızına puan verilmesi uygulamasına tepkisi anlatılmaktadır. Bu sistem hem motosikletli kurye üzerinde psikolojik baskı yapmaktadır hem de trafik güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Teknolojinin ilerlemesiyle çalışma hayatına da getirdiği bazı olumsuz etkiler belirlenerek bu olumsuz etkileri en aza indirmek için hatta ortadan kaldırmak için önlemler alınması da iş sağlığı ve güvenliği kapsamındadır (Kılkış, 2014).

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), tarafından yapılan bir saha çalışmasında pandemi dönemi ile artan iş yükünün, çalışma saatlerinin uzaması ve çalışma temposuna oranla molaların yetersizliğin motosikletli kuryeleri etkileyen başlıca psikososyal riskler olduğunu aktarmaktadır. Ayrıca çalışmada "araştırmaya katılan motosikletli kuryelerin %21,5'inin sosyal güvencesi, %21,3'ünün motosiklet ehliyeti olmadan çalıştığı, motosikletli kuryelerin işe başlarken %26,1'inden herhangi bir belge talep edilmediği" vurgulanmıştır. Çalışmada en çok dikkat çeken nokta ise "%31,3 oranında motosikletli kuryeler koruyucu ekipmanların hiçbirine sahip değil, %59,3'ü iş kazası geçirmiş olup iş kazası geçiren motosikletli kuryelerin %65,1'i iş yerinde iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almadığı ifadelerinin yer almasıdır (ILO, Aralık, 2021).

Motosikletli kuryelerin maruz kaldıkları mobbing ve iş tatmini üzerindeki etkisi araştırılarak motosikletli kuryelerin maruz kaldığı mobbing sonucu iş memnuniyetsizliklerinin arttığı ve çalışan

performanslarının düştüğü gözlemlenmiştir (Karatay, 2020). Motosikletli kuryelerin hızlı teslimat için maruz kaldıkları baskı, olumsuz hava koşullarında teslimat yapma zorunlulukları onları olumsuz etkilemektedir. Literatür araştırması kapsamında motosikletli kuryelerle ilgili yapılan çalışmaların oldukça az olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalar göz önüne alındığında pandemi dönemi ile sayıları oldukça artan motosikletli kuryelerin günlük hayatta birçok tehlike ve riskle karşılaştıkları, mobbinge maruz kaldıkları ve iş sağlığı güvenliği uygulamalarının arka plana atıldığı görülmektedir. Ayrıca bu baskılar sonucunda motosikletli kuryelerin kazaya sebebiyet verme, kazaya karışma gibi oranlarının arttığı görülmektedir. Motosikletli kuryelerin trafikte cep telefonu kullanımı oldukça yaygın ve kazaya sebebiyet vermekte olduğu da tespit edilmiştir. Motosikletli kuryelerin trafikte araçların arasından geçmesi ve takip mesafelerini korumamaları da iş sağlığı ve güvenliği açısından hayatlarını tehlikeye atmaktadır.

Yapılan çalışmalarda motosikletli kuryelerin gün içerisinde maruz kaldığı hız baskısı, kişisel koruyucu ve donanımların kullanılmaması, cep telefonu kullanımı, hatalı sollama yapılması, park halindeki araçlara yakın geçilmesi, takip mesafesinin korunmaması, trafikte araçların arasından geçilmesi gibi tehlike durumları tespit edilmiştir. Bu durumlar motosikletli kuryeleri psikolojik ve fiziksel açıdan etkileyerek kazaların meydana gelmesinde önemli bir faktördür. Durumların risk değerlendirmesi l tipi matris analizi yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

YÖNTEM

Bu çalışmada yöntem olarak l tipi matris analizi kullanılmıştır. L tipi matris analizi gerçekleşmesini istemediğimiz vakanın gerçekleşme ihtimali ile gerçekleşmesi durumunda sonuçlarının değerlendirilmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem sebep ve sonuç ilişkilerini değerlendirmede kullanılmaktadır. 5 x 5 matris diyagramı şeklinde de bilinen yöntem oldukça yaygındır. Olası tehlike faktörlerinin tespit edilmesinde, işyerindeki herhangi bir değişiklikte veya olası bir acil durumda kullanılabilir (Kaba, 13-15).

Bu yöntemde risk puanı hesaplanır ve değerlendirme yapılırken risk puanından elde edilen sonuca bakılarak inceleme yapılır. Risk puanı belirlenirken aşağıdaki formül kullanılır.

Risk puanı = Olasılık x Zarar derecesi

Olasılık: Tehlikenin meydana gelme sıklığı hangi basamak sınıfında yer alıyorsa o basamağa göre değer numarası alır. Değer, basamak ve sıklık bölümleri Tablo 1'de tanımlanmıştır.

Tablo 1. L Tipi Matris Analizi Olasılık Tablosu

Değer	Basamak	Sıklık
1	Çok Küçük	Yılda bir
2	Küçük	Üç ayda bir
3	Orta	Ayda bir
4	Yüksek	Haftada bir
5	Çok Yüksek	Her gün

Zarar Derecesi: Tehlikenin şiddeti belirlenirken derecelendirme bölümündeki veriler değerlendirilerek Tablo 2'de verilen sonuç değeri belirlenir.

Tablo 2. L Tipi Matris Analizi Zarar Derecesi Tablosu

Değer	Sonuç	Derecelendirme
1	Çok Hafif	İş saati kaybı yok, ilk yardım gerektiren
2	Hafif	İş günü kaybı yok, ilk yardım gerektiren
3	Orta	Hafif yaralanma, tedavi gerekir
4	Ciddi	Ölüm, ciddi yaralanma, meslek hastalığı
5	Çok Ciddi	Birden çok ölüm, sürekli iş göremezlik

Risk puanı: Tespit edilen Olasılık x Zarar çarpım değerinin Tablo 3'de risk puanı derecelendirme matrisinde karşılık geldiği alan risk seviyesini belirler.

Tablo 3. L Tipi Risk Puanı Derecelendirme Matrisi

OLASILIK		SONUÇ (ŞİDDET)				
		5	4	3	2	1
		Çok Ciddi	Ciddi	Orta	Hafif	Çok Hafif
5	Çok Yüksek	25	20	15	10	5
4	Yüksek	20	16	12	8	4
3	Orta	15	12	9	6	3
2	Küçük	10	8	6	4	2
1	Çok Küçük	5	4	3	2	1

Risk değerlendirme matrisindeki kırmızı olarak gösterilen bölümler kabul edilmesi mümkün olmayan riskleri belirler ve bu bölümde yer alan riskler için bir an önce önlem alınması gerektiğini vurgular. Kırmızı kategoride yer alan riskler kabul edilebilir bir kategoride yer alana kadar işe ara verilmelidir. Hatta riskin etkisini azaltmak mümkün olmuyorsa faaliyet tamamen durdurulmalıdır. Sarı kategoride yer alan riskler en kısa sürede tedbir alınması gereken riskleri belirler. Bu kategoride yer alan işlerinde durdurulması gerekmektedir. Bu kategorilerde risk azaltma önlemlerinin alınmasından sonraki durumlara bakılarak işlerin tekrardan başlatılıp başlatılmamasına karar verilir. Yeşil kategoride yer alan riskler daha uzun bir süreçte tedbir alınabilecek daha esnek riskleri belirtir. Bu kategorideki riskleri ortadan kaldırmak için ekstra denetleme mekanizmalarına ihtiyaç duyulmayabilir. Halihazırda var olan kontrollerin devam ettirilmesi sağlanarak denetimler yapılmalıdır (Ceylan, Başhelvacı, (2011).

BULGULAR

Araştırmanın bu bölümünde motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği riskleri yapılan literatür araştırması sonucunda durumlar olarak tespit edilmiştir. Bu tespit sonucunda olası tehlike ve risk faktörleri belirlenmiş ve bu faktörler karşısında alınması gereken tedbirler ve önerilerde bulunulmuştur. Yapılan değerlendirmeler kategoriler altındaki durumlara göre ayrı ayrı gösterilecek şekilde risk değerlendirmesi tablosu olarak paylaşılmıştır. Tabloda yer alan değerler için aciliyet durumu ve ne yapılması gerektiği sonuç bölümünde açıkça ifade edilmiştir. Ayrıca renk kategorileri de bu durumların risk tespitinin kolay anlaşılabilirliği açısından önemlidir.

Risk değerlendirme yöntemlerinden L tipi matris yöntemi kullanılarak durumların risk değerlendirmesi yapılmıştır. Durumlarda belirlenen risk faktörlerinin yaşanma sıklıklarına göre değerlendirilerek olasılık puanlamaları yapılmıştır. Ayrıca risklerin sonucunda yaralanma derecelerine göre puanlamalar eklenmiştir. Yapılan puanlamalar sonucunda değerler çarpılarak risk değerlendirmesi sonucu kırmızı, sarı ve yeşil kategorilerin hangisinde yer aldığı belirlenmiştir. Belirlenen kategoriler sonuç bölümünde değerlendirilmiştir. Tabloda durumlar, tehlike, risk faktörleri ve buna karşılık alınması gereken tedbirler ve öneriler yer almaktadır. Son sütunda ise olasılık ve şiddet değerlerinin çarpımı ile ortaya çıkan risk puanı verilmiştir. Bu puan ise durumun hangi risk kategorisinde yer aldığını temsil etmektedir.

Tablo 4. Risk Değerlendirmesi Tablosu

DURUMLAR		TEHLİKE	RİSK	ALINMASI GEREKEN TEDBİRLER VE ÖNERİLER	RİSK DEĞERLENDİRME		
					O	Ş	R
1.DURUM	Sipariş teslimatından sonra müşterinin "Hız Puanlaması" bölümünden kuryeye puan vermesi	Motosikletli kuryenin kendisini baskı altında hissederek aşırı hız yapması	Motosikletli kuryenin kendisini baskı altında hissederek aşırı hız yapması sonucu ölümlü ya da yaralanmalı kaza meydana gelmesi	Kuryelerin sipariş teslimatından sonra hız konusunda "Hız Puanlaması" adı altında değerlendirilmesi uygulamasının kaldırılması gerekmektedir	5	4	20
2.DURUM	Kişisel koruyucu donanımların kullanılmaması kask, dizlik vb.	Olası bir kaza ile karşı karşıya kalmak	Kaza sonucunda ölüm ve yaralanma gibi ciddi sonuçlar meydana gelmesi	Motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği için tüm kişisel koruyucularını ve donanımlarını eksiksiz kullanması gerekmektedir.	5	4	20
3.DURUM	Kavşaklarda ve virajlarda sollama yapmak	Öndeki aracın motosikletli kuryeyi gizlediği yollarda veya sinyal vermeden dönüş yapması gibi durumlar yaşanabilir	Öndeki aracın motosikletli kuryeyi gizlediği yollarda veya sinyal vermeden dönüş yapması gibi durumlarda ölümlü ya da yaralanmalı kaza meydana gelmesi	Kavşaklarda ve virajlarda sollama yapılmamasına özen gösterilmeli	4	4	16
4.DURUM	Trafikte arabaların aralarından geçmek	Arabaların şerit değiştirirken motosikletli kuryeyi görmemeleri	Arabaların şerit değiştirirken motosikletli kuryeyi görmemeleri sonucu ölümlü ya da yaralanmalı kaza meydana gelmesi	Motosikletli kuryelerin arabaların arasından geçmemeye özen göstermeleri gerekmektedir.	4	4	16
5.DURUM	Takip mesafesini korumamak	Öndeki aracın aniden durması	Öndeki aracın aniden durması sonucu ölümlü ya da yaralanmalı kaza meydana gelmesi	Trafikte öndeki araç ile takip mesafesi korunmalıdır.	4	4	16

DURUMLAR		TEHLİKE	RİSK	ALINMASI GEREKEN TEDBİRLER VE ÖNERİLER	RİSK DEĞERLENDİRME		
					O	Ş	R
6.DURUM	Cep telefonu kullanmak	Dikkat dağınıklığı meydana gelmesi	Dikkat dağınıklığı sonucu yaralanmalı kaza meydana gelmesi	Trafikte motosikletli kuryelerin cep telefonu kullanmaması gerekmektedir	5	3	15
7.DURUM	Olumsuz hava koşulları	Olumsuz hava koşulları yüzünden yerlerin yağıştan kaygan olması veya aşırı rüzgar gibi durumlarla karşılaşılması	Motosikletlinin kayarak veya savrularak yaralanmalı kaza meydana gelmesi	Firmaların olumsuz hava koşullarında teslimatı bekleterek motosikletli kuryelerinin iş sağlığı ve güvenliğini sağlamalıdır.	4	3	12
8.DURUM	Park halindeki araçlara çok yakın geçmek	Park halindeki aracın kapısını birden açması	Park halindeki aracın kapısını birden açması sonucu yaralanmalı kaza meydana gelmesi	Motosikletli kuryelerin park halindeki araçlar ile arasında en az kapı mesafesi kadar boşluk bırakmaya dikkat etmesi gerekmektedir.	4	3	12

SONUÇ

L tipi matris risk değerlendirme yöntemi sonucunda 1.durum, 2.durum, 3.durum, 4.durum, 5.durum ve 6.durumların risk puanın yüksek olduğu ve kırmızı kategoride yer aldığı belirlenmiştir. Risk matrisinde kırmızı olarak gösterilen bölümler kabul edilmesi mümkün olmayan riskleri belirler ve bu bölümde yer alan riskler için bir an önce önlem alınması gerektiğini vurgular bu sebeple bu riskler asgari seviyeye indirilene kadar işler başlatılmamalı ve gerekirse durdurulmalıdır. 7.durum ve 8.durumun sarı kategoride yer aldığı belirlenmiştir. Sarı kategoride yer alan risklerin de en kısa sürede minimum seviyeye indirilmesi gerekmektedir ve gerekliyse bu kategoride de iş durdurma yapılmalıdır. Durumlardan hiçbiri yeşil kategoride yer almamaktadır. Yeşil kategoride bulunan riskler uzun vadede çözüme ulaştırılabilecek risklerdir gerekli önlemler alınarak kolaylıkla engellenebilir.

Tablo 1'de alınması gereken tedbirler ve öneriler belirtilmiştir. Risk kategorilerine göre en hızlı şekilde gerekli tedbirlerin alınması motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği bakımından önemlidir.

Bu çalışma durum çalışması kapsamında, motosikletli kuryelerin iş sağlığı ve güvenliği tarafından incelenmesi üzerine yapılmıştır. İnceleme sonucunda olası tehlike ve risk faktörleri belirlenmiştir. Belirlenen tehlike ve risk faktörleri doğrultusunda iş sağlığı ve güvenliği açısından alınması gereken tedbirler belirlenmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

KAYNAKÇA

Başbuğ, A. (2005) İş Hukuku, Ankara: Birlik Matbaası.

Ceylan, H., Başhelvacı, V. S. (2011). Risk Değerlendirme Tablosu Yöntemi İle Risk Analizi: Bir Uygulama, 25-33.

Eken, G. (2011) İş Kazalarını Önlemede İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Etkinliği: Perakende Sektöründe Bir Uygulama, Çanakkale: Yüksek Lisans Tezi.

ILO, Motosikletli Kuryeler Odağında Teslimat Sektörü Çalışanlarında Psikososyal Risk Analizi, (Aralık,2021).

Kaba, S., Risk Değerlendirme, ss. 13-15.

Karatay, H. Kurye dağıtıcılarının maruz kaldıkları mobbing düzeyinin iş tatminleri üzerindeki etkileri, Yüksek Lisans Tezi, (2020).

Kılkış, İ. (2014). İş Sağlığı ve Güvenliği.

Saraç, C. (1998) Sosyal Sigortalar Kurumları ve İşveren Açısından İş Kazası Kavramı, Ankara: YODÇEM Yayın No:10.

ŞIK, A., İş Sağlığı ve Güvenliği Temel Eğitimi, Detay Yayıncılık, Ankara, (2015).

TÜPRAŞ, Risk değerlendirme Tablosu Rehberi, (2006).

Elden, N. (2021, Şubat), https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-56184455 (E.T. 10.05.2022)

Çalışma Yaşamı (Mart,2021), https://www.birgun.net/haber/isci-dayanisma-dernegi-nden-moto-kuryelerle-birlikte-eylem-6-acil-talebi-acikladilar-341402 (E.T. 10.05.2022)

DHA (Ekim,2021), https://www.ensonhaber.com/3-sayfa/istanbul-adliyesi-onunde-motokurye-eylemi-hiz-puanlamasi-kaldirilsin (E.T. 12.06.2022)

Presentation ID / Sunum No: 104

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-4406-9048

Köpürtülmüş ve Uyumlaştırılmış PLA/PP ve PLA/PA6 Polimer Karışımlarının Prototip Üretimleri ve Özelliklerindeki Değişimlerin Değerlendirilmesi

Inst.Öğr. Gör. Dr Sibel Tuna[1], Assoc.Prof.Dr. Meral Akkoyun[1], Researcher Serkan Soncu[2]
[1]Bursa Technical University
[2]Demo Plastik Ürünleri San. Tic. A.Ş.

*Corresponding author: **Sibel Tuna**

Özet: *Yirmi birinci yüzyılın başlamasıyla birlikte hızla tüketilen doğal kaynaklar, iklim değişikliği, toplumsal ve çevresel farkındalık üretim ve tüketim sektörlerini harekete geçirmiş, küresel ısınma, geri dönüştürülebilirlik, enerji verimliliği ve kaynakların sürdürülebilirliği giderek daha fazla önem kazanır hale gelmiştir. Biyopolimerlerin ortaya çıkması ve geleneksel petrol esaslı malzemeler yerine kullanımına yönelik çalışmaların başlaması son on yılın en önemli gelişmelerinden biridir. Yüksek çekme mukavemeti, yüksek sertlik, kolay işlenebilirlik ve geleneksel petrol esaslı polimerlerle karşılaştırılabilir özelliklere sahip olan polilaktik asit (PLA), ticari olarak en çok kullanılan biyopolimerlerden biridir. PLA'nın otomotiv endüstrisinde uzun yıllardır kullanılan gelişmiş özelliklere sahip mühendislik plastiklerinin başında gelen polipropilen (PP) ve poliamid 6 (PA6) gibi petrol esaslı polimerler ile harmanlanması, hidroliz direnci, düşük fiyat ve yüksek bozunabilirlik gibi özelliklere sahip mekanik özellikleri iyileştirilmiş yeni bir malzeme sınıfı geliştirmek için uygun bir çözüm olarak görülmüştür. Bu çalışmada, laboratuvar ölçekli formülasyon geliştirme çalışmaları ile optimum polimer, kimyasal köpürtme ajanı (KKA) ve uyumlaştırıcı ajan (UA) oranları belirlenen köpürtülmüş ve uyumlaştırılmış PLA/PP ve PLA/PA6 polimer karışımlarının prototip üretimlerinin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. En uygun formülasyon olarak belirlenen PLA/PP(30:70)+%1,5 KKA+%1 UA ve PLA/PA6(30:70)+%1,5 KKA+%3 UA polimer karışımlarının prototip üretimleri gerçekleştirilerek, yoğunluk, FT-IR, mekanik, DSC, TGA ve mikroskop analizleri yapılmıştır. Test sonuçlarına göre FT-IR, DSC ve TGA analiz sonuçlarında anlamlı bir farklılık görülmezken, özellikle yoğunluk ve mekanik test sonuçlarından önemli çıkarımlar yapılabilmiştir. Prototip üretimleri gerçekleştirilen polimer karışımlarında daha yüksek oranda hafiflik elde edilirken daha yüksek mekanik değerler sergilendiği ortaya çıkmıştır. Bu durum pek çok üretim ve analiz gerçekleştirilerek belirlenen formülasyonların prototip üretim sürecinde de uygulanabilir ve kullanılabilir olduğunu göstermiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Biyo Esaslı Polimer Karışımlar, Polimerik Köpük Kompozitler, Kimyasal Köpürtme, Ağırlık Azaltma, Termal Özellikler, Mekanik Özellikler, Morfolojik Özellikler*

Prototype Productıon of Foamed and Compatabılızed PLA/PP and PLA/PA6 Polymer Blends and Evaluatıon of Changes in Theır Propertıes

Abstract*: With the beginning of the twenty-first century, rapidly consumed natural resources, climate change, social and environmental awareness have led to take actions in the production and consumption sectors while global warming, recyclability, energy efficiency and sustainability of resources have become more and more important. The emergence of biopolymers and the beginning of studies on their use instead of traditional petroleum based materials is one of the most important developments of the last decade. Polylactic acid (PLA) is one of the most commercially used biopolymers with high tensile strength, high hardness, easy processability and has comparable properties with conventional petroleum based polymers. Blending PLA with engineering plastics such as polypropylene (PP) and polyamide (PA6) which are the leading engineering plastics with advanced properties that have been used in the automotive industry for many years has been considered to be a suitable solution to develop a new class of materials with improved mechanical properties and hydrolysis resistance, lower price and high degradability. In this study, it is aimed to prototype production of foamed and compatibilized PLA/PP and PLA/PA6 polymer blends which optimum polymer, chemical blowing agent (CBA) and compatibilizing agent (CA)*

ratios were determined by laboratory-scale formulation development studies. Prototype productions of PLA/PP(30:70)+1.5% CBA+1% CA and PLA/PA6(30:70)+1.5% CBA+3% CA blends determined as the most suitable formulations were carried out and density, FT-IR, mechanical, DSC, TGA, microscope analyzes were performed. Accordingly, while no significant differences were observed in the results of FT-IR, DSC, and TGA analyzes, important inferences could be drawn from the results of especially density and mechanical tests. It has been revealed that while a higher percentage of lightness is obtained in the mixtures, higher mechanical values are exhibited. This situation has shown that the formulations determined by many production and analysis are applicable and usable in the prototype production process.

Keywords: *Bio-Based Polymer Blends, Polymeric Foam Composites, Chemical Blowing, Weight Reduction, Thermal Properties, Mechanical Properties, Morphological Properties*

INTRODUCTION

Polymer-based composites are one of the most widely used and most diverse materials in recent years. Their low density, easy processability, resistance to corrosion, electrically and thermally non-conductivity properties are among the advantages they have, and these properties allow them to be produced by many methods and used in many fields [1–3]. The fact that most of the industrial products used today are petroleum-based, require high energy in processes such as obtaining and processing petroleum-based raw materials, becoming waste in nature after completing their usage life and harming the environment by remaining undegraded for many years have led researchers to bio-based polymers. Although the focus of the studies is based on the "carbon footprint", especially the regulations expected to be implemented in the automotive sector regarding CO_2 emissions, it has been seen that the emerging biopolymer composite material class can exhibit very good properties and can be used in sectors such as automotive, health, electronics and transportation. This new class of materials has not only replaced traditional petroleum-based polymers, but also led to the emergence of a new class of biocomposites with improved properties with different polymers and fillers [4,5].

On the other hand, the increasing need for lightness and the necessity of less CO_2 gas emission have led to the initiation of foaming studies for biopolymers, and the foaming behavior of PLA, which is the most widely used commercially, has begun to be investigated in recent studies. The low foaming tendency of PLA is mainly due to its low melt strength and slow crystallization rate, during foaming processes, the low melt strength of the polymer can cause cell aggregation and disappearance of the cell walls. Studies on this topic have shown that the increased crystallization rate of PLA during extrusion and injection processes and foaming can significantly improve final foaming behaviors such as cell density and expansion rate, and closed-cell foams with uniform morphology and controlled expansion rate can be produced. Studies have been carried out on how the foaming agents affect the crystallization kinetics, and how this affects the foam quality and the final properties of the foam structures up to the present. The development of foam systems of PLA has become a remarkable issue, especially in the automotive industry, where lightweight structures are gaining importance [6–12].

MATERIALS AND METHODS

Materials

Polylactic acid with brand name Luminy L175 that density and melt flow index values are 1.24 g/cm^3 and 8 g/10 min (210°C, 2.16 kg) respectively was purchased from Total Corbion. Buplen branded polypropylene was supplied from Lukoil Petrochemical Company. The density and melt flow index of PP are 0.91g/cm^3 and 7 g/10 min (230°C, 2.16 kg), respectively. Polyamide 6 with brand name Domamid 27 and density value is 1.14 g/cm^3 was supplied from Ultra Polymers. Chemical blowing agents (CBA) with the coded Hydrocerol ITP 812 (Hyd 812) and Hydrocerol ITP 822 (Hyd 822) were supplied from Clariant and used for chemical foaming of polymer blends prepared with PP and PA6, respectively. Maleic anhydride grafted polylactic acid (PLA-g-MA) used as a compatibilizing agent, was synthesized in the laboratory by dissolving PLA polymer in toluene and adding dicumyl peroxide and maleic anhydride. After the cooled solution was washed with hexane and dried, it was turned into powder [13].

Production of polymer blends

In laboratory-scale formulation development studies carried out to determine the optimum ratios, it was primarily aimed to determine the polymer ratios of PLA/PP and PLA/PA6 polymer blends and optimum ratio was determined as 30:70 for both blend groups. In order to examine the foaming behavior of the polymer blends whose polymer ratios were determined, experiments were carried out with the use of chemical foaming agents at 1, 3 and 5% ratios. As a result, the most suitable CBA ratio was determined as 1.5% for both PLA/PP using Hyd 812 coded CBA and PLA/PA6 polymer blends using Hyd 822 coded CBA. While weight reduction was achieved with the use of CBA, the need to add a compatibilizing agent (CA) to the structures arose due to the decrease in mechanical properties, and for this purpose, PLA-g-MA was used at the ratios of 1, 1.5 and 2%. While the most suitable CA ratio for foamed PLA/PP polymer blends was determined as 1%, this ratio was determined as 3% for foamed PLA/PA6 polymer blends. In this study, the prototype scale production of PLA/PP(30:70) + 1.5%CBA + 1%CA and PLA/PA6(30:70) + 1.5%CBA + 3%CA polymer blends which were determined as the optimum formulations in laboratory-scale studies was aimed. Since the properties will be evaluated, pure and CBA-CA added polymer blends decided to be produced and analyzed (Table 1).

Table 1. Formulations of PLA/PP and PLA/PA6 polymer blends containing CBA and CA.

Samples	PLA (wt.%)	PP (wt.%)	PA6 (wt.%)	CBA (wt.%)	CA (wt.%)
PLA/PP (30:70)	30	70	-	-	-
PLA/PP (30:70)+1.5% CBA+1%CA	30	70	-	1.5	1
PLA/PA6 (30:70)	30	-	70	-	-
PLA/PA6 (30:70)+1.5% CBA+3%CA	30	-	70	1.5	3

In the prototype production of the formulations with optimum ratios, trial productions were carried out by using amounts ranging from 70-90 grams for dosing amount, pressures ranging from 0-75 bar for holding pressure, and time ranging from 0-7 seconds for holding time. In PLA/PP (30:70) productions where the injection screw temperatures were set as 190-200-200-200-210°C, the material dosing amount was 85 grams, the holding pressure was 60 bar and the holding time was 5 seconds, on the other hand in PLA/PP (30:70) blends with CBA and CA added, it was observed that the amount of material dosing was 80 grams and the holding pressure was not applied that the mold was fully filled and foam formation occurred. In the PLA/PA6 (30:70) blends, where the injection screw temperatures were set as 220-230-230-230-240°C, the material dosing amount was 90 grams, the holding pressure was 75 bar and the holding time was 7 seconds. For PLA/PA6 (30:70) blends with CBA and CA added, the most efficacious results were obtained with the parameters in which the material dosing amount was 85 grams and no holding pressure was applied.

Characterization methods

2.3.1. Density analysis

Archimedes principle was used for performing of density analysis by using density measurement kit added Shimadzu/AUX321 precision balance. The density (d) of the polymer blends was determined by measuring their weight in air (m_{air}) and in pure water at room temperature (m_{water}) and calculated according to Equation 1. The density of pure water at room temperature was accepted as 1 g/cm^3.

$$d = \frac{m_{air} \, x \, d_{water}}{m_{air} - m_{water}} \quad (1)$$

2.3.2. Fourier transform infrared (FT-IR) spectrophotometer analysis

The functional groups in the polymeric structures were assessed by taking measurements with a diamond crystal in the wavelength range of 4000-600 cm^{-1} using a Thermoscientific/Nicolet-IS50 branded Fourier transform infrared spectrophotometer.

2.3.3. Mechanical analysis

Young's modulus, tensile strength, and elongation at break parameters of polymer blends were examined at room temperature with 10 kN force and 5 mm/min tensile speed using a Shimadzu/AGS-X universal testing machine according to ASTM D638 standard.

2.3.4. Differential scanning calorimetry (DSC) analysis

Differential scanning calorimetry analysis of polymer blends were carried out using a differential scanning calorimeter (TA Instrument/DSC25) and the glass transition temperature (T_g), cold crystallization temperature (T_{cc}) and melting temperature (T_m) of the polymers were determined by using heat-cool-heat method between 20°C and 250°C with 5°C/min flow rate.

When calculating the crystallinity ratio (X_c) of PLA/PP blends Equation 2 was used in which ΔH_m is the enthalpy of melting, ΔH_{cc} is the cold crystallization enthalpy, w_{PP} and w_{PLA} are the ratios of PP and PLA in the blend, respectively. $H°_{mPP}$ and $H°_{mPLA}$ refers to the melting enthalpies of PP and PLA polymers in 100% crystalline structure [14].

$$X_c = \left(\frac{\Delta H_m - \Delta H_{cc}}{\left(w_{PP} \times H°_{m_{PP}}\right) + \left(w_{PLA} \times H°_{m_{PLA}}\right)}\right) \times 100 \quad (2)$$

When calculating X_c of PLA/PA6 blends, the formula in Equation 3 was used. $H°_f$, which expresses the melting enthalpy value of 100% crystal polymers in Equation 3, was taken as 230 J/g for PA6 and 93 J/g for PLA, respectively. The value of w_i in the formula expresses the percent by weight of the polymer whose crystallinity ratio is calculated in the blend, while the value of ΔH_m expresses the enthalpy of melting [15].

$$X_c = \frac{\Delta H_m}{w_i \times H°_f} \times 100 \quad (3)$$

2.3.5. Thermal gravimetric analysis (TGA)

Within the scope of thermal gravimetric analysis (TGA), TA Instruments/SDT Discovery 650 device was used to determine the thermal degradation behaviors and temperatures of polymer blends. TGA analyzes were carried out by heating the samples in nitrogen gas atmosphere from 25°C to 900°C with a heating rate of 10°C/min.

2.3.6. Morphological analysis

The morphology of polymer blends was evaluated using stereo microscope and scanning electron microscope (SEM). Stereo microscope images of the polymeric blends under ×25 magnification were obtained using a Carl Zeiss/Discovery V12 microscope. SEM images of the blends were obtained using Carl Zeiss (Gemini 300) scanning electron microscopy device at 5 kV and ×1000 magnification.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Density analysis results

Density values of the blends of pure PLA/PP (30:70), PLA/PA6 (30:70) and chemical blowing and compatibilizing agents added PLA/PP (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends which were produced in prototype scale were given in Table 2.

When the density values and changes in Table 2 were examined, It was observed that a reduction of 8.22% for PLA/PP blends and reduction of 10,04% for PLA/PA6 blends was obtained and the reason for this decrease due to foam structure formation can also be seen in the microscope images in Figure 9 and Figure 10. Compared to the results obtained from the laboratory-scale formulation development studies, it was observed that the blends prepared in prototype production were more weight reduced, and it was concluded that this was the result of the most appropriate foaming being achieved with the production process in which parameters such as pressure, temperature and time were optimized.

Table 2. Density measurement results of PLA/PP(30:70), PLA/PA6(30:70) and PLA/PP(30:70), PLA/PA6(30:70) blends containing CBA and CA.

Samples	Density (g/cm^3)	Density Change (%)
PLA/PP (30:70)	1.05 ± 0.0985	8.191
PLA/PP (30:70) +1.5%CBA +1%CA	0.964 ± 0.0973	
PLA/PA6 (30:70)	1.15 ± 0.0979	10.43
PLA/PA6 (30:70) +1.5%CBA +3%CA	± 0.0845	

FT-IR analysis results

FT-IR spectums of the of pure and chemical blowing and compatibilizing agent added PLA/PP (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends was given in Figure 1 and Figure 2. When the spectrums were examined, the C=O stretching peak in the 1750 cm^{-1} band of the PLA polymer, the symmetrical C-O-C stretching peak in the 1180 cm^{-1} band and asymmetric CH_3 peaks in the 1080 cm^{-1} band can be observed.

Characteristic CH_3 and CH_2 stretching peaks in 2950-2838 cm^{-1} band, CH_3 and CH_2 oscillation peaks in 1455-1453 cm^{-1} band, and C-H oscillation peaks in 1376 cm^{-1} band were observed in pure and CBA-CA added PLA/PP blends.

On the other hand, the characteristic N-H stretching peak in the 3300 cm^{-1} band, C-H stretching peaks in the 2931-2865 cm^{-1} band, and the C=O tension peaks in the 1632 cm^{-1} band which were related to PA6 polymer can be observed in the pure and CBA-CA added PLA/PA6 blends. While the locations of the characteristic peaks of the blends did not change with the addition of CBA-CA, an increase was observed in the peak intensities at 1750 cm^{-1}, 1190 cm^{-1} and 1130 cm^{-1} when CA was added to PLA/PP (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends. This showed that the carbonyl peak and the ether bond peak increased in blends containing CA [16].

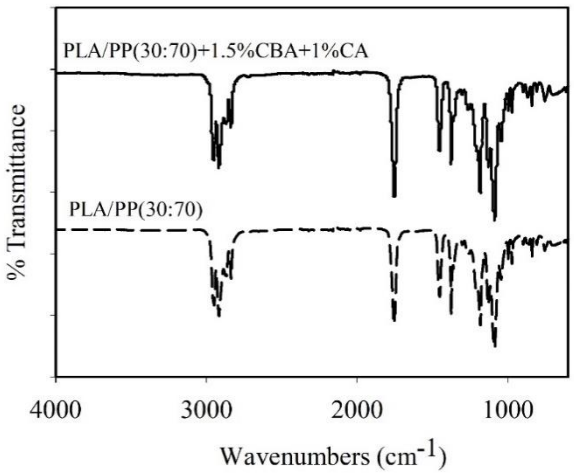


Figure 1. FT-IR spectrums of PLA/PP (30:70) and PLA/PP (30:70) blends containing CBA and CA.

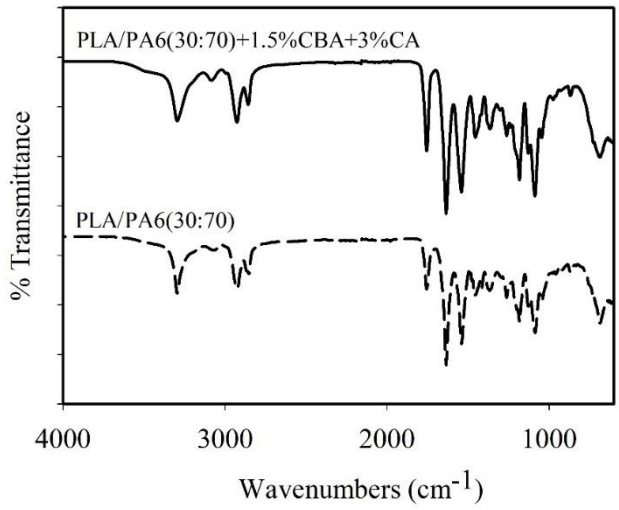


Figure 2. FT-IR spectrums of PLA/PA6 (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends containing CBA and CA.

Mechanical analysis results

Mechanical analysis results of blends of pure and CBA-CA added PLA/PP (30:70) which were produced in prototype scale was given in Table 3 and Figure 3-4. When the mechanical test results were examined, it was seen that the addition of chemical blowing and compatibilizing agents to the pure PLA/PP and PLA/PA6 blends caused an improvement in the mechanical values.

The tensile strength value increased from 23.93 MPa in the pure PLA/PP blend obtained by prototype production to 27.62 MPa with the use of CBA and CA. In the prototype production of PLA/PA6 blends, the tensile strength values increased from 31.63 MPa to 47.11 MPa. It has been concluded that this situation is a result of the production with the optimized production process such as pressure, temperature and time.

Table 3. Tensile test results of PLA/PP(30:70), PLA/PA6(30:70) and PLA/PP(30:70), PLA/PA6(30:70) blends containing CBA and CA.

Samples	Elastic Modulus (N/mm^2)	Tensile Strength (MPa)	Elongation at Break (%)
PLA/PP (30:70)	1439 ± 40.45	23.9 ± 1.41	2.8 ± 0.12
PLA/PP (30:70) +1.5%CBA +1%CA	1596 ± 56.34	27.6 ± 1.19	3.1 ± 0.36
PLA/PA6 (30:70)	1401 ± 14.03	31.6 ± 1.20	4.0 ± 0.59
PLA/PA6 (30:70) +1.5%CBA +3%CA	1765 ± 54.45	47.1 ± 1.69	4.8 ± 0.32

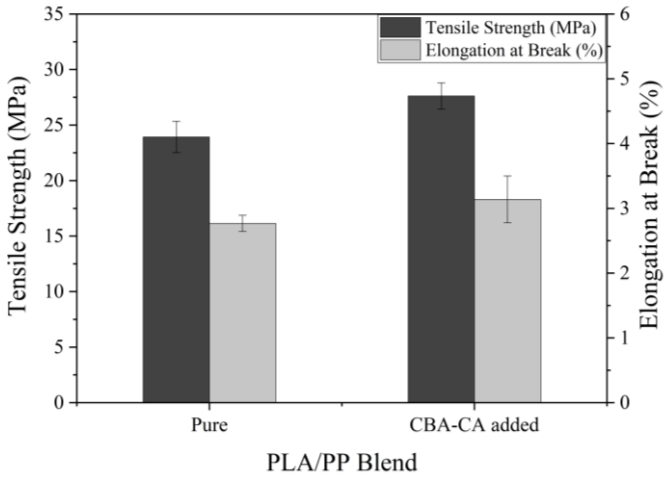


Figure 3. The changes in the tensile strength and elongation at break values of PLA/PP (30:70) and PLA/PP (30:70) blends containing CBA and CA.

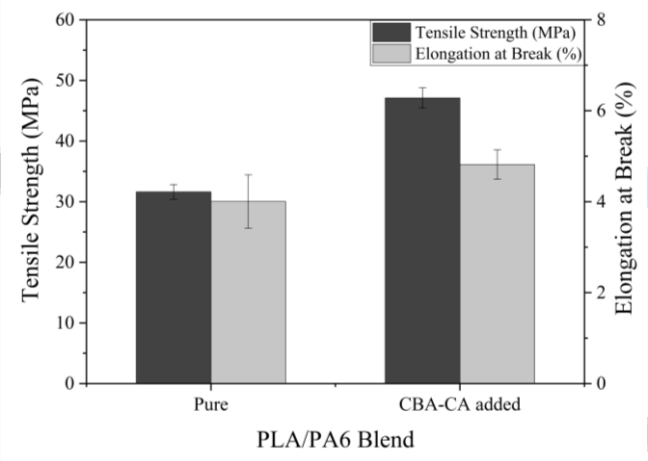
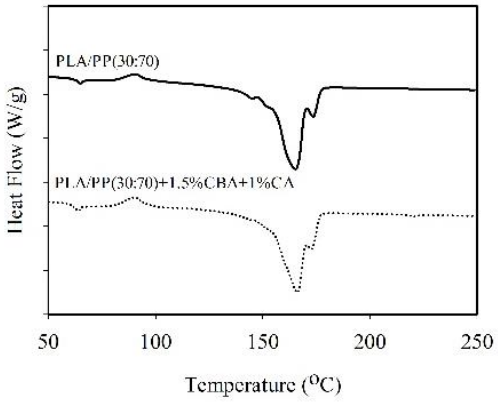


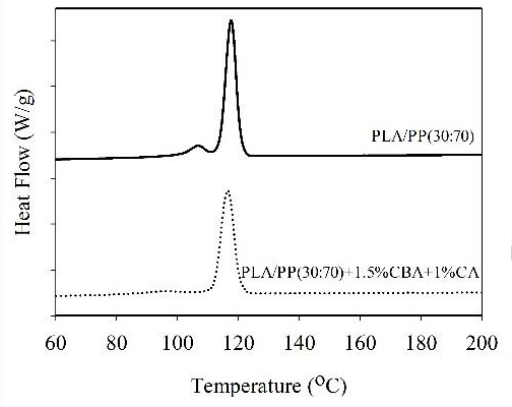
Figure 4. The changes in the tensile strength and elongation at break values of PLA/PA6 (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends containing CBA and CA.

Differential scanning calorimetry analysis results

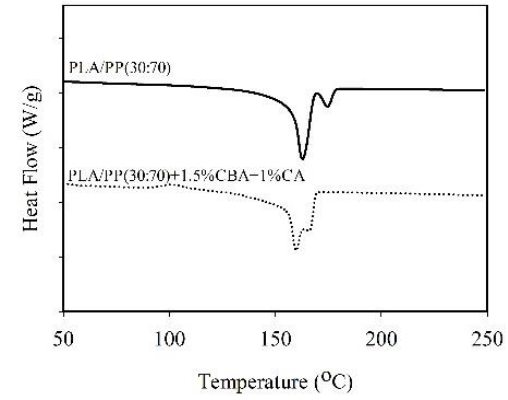
First heating, cooling and second heating thermograms of the pure and CBA-CA added PLA/PP (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends which were produced in prototype scale were given in Figure 5-6, and the obtained thermal transition values were identified in Table 4-5.



a)



b)



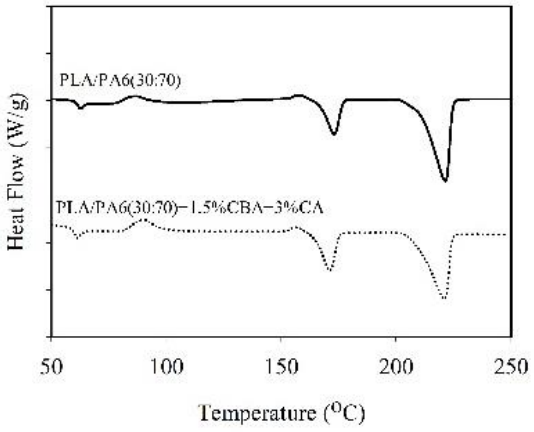
c)

Figure 5. DSC thermograms of PLA/PP (30:70) and PLA/PP (30:70) blends containing CBA and CA; (a) first melting, (b) cooling, c) second melting transitions.

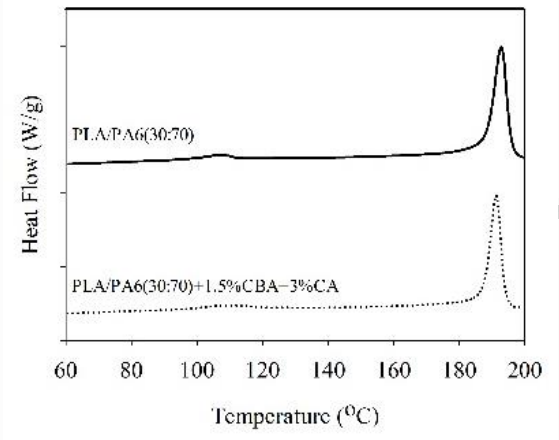
Table 4. Thermal analysis results of PLA/PP (30:70) and PLA/PP (30:70) blends containing CBA and CA.

Samples	T_g (°C)	T_{m1} (°C)	T_{m2} (°C)	ΔH_{mTop} (J/g)	T_{cc} (°C)	ΔH_{cc} (J/g)	X_{cTop} (%)
PLA/PP(30:70)	68.15	172.8	162.6	73.83	90.83	89.82	45.72
PLA/PP(30:70) +1.5%CBA+1%CA	66.71	168.6	160.0	77.16	90.31	79.36	46.64

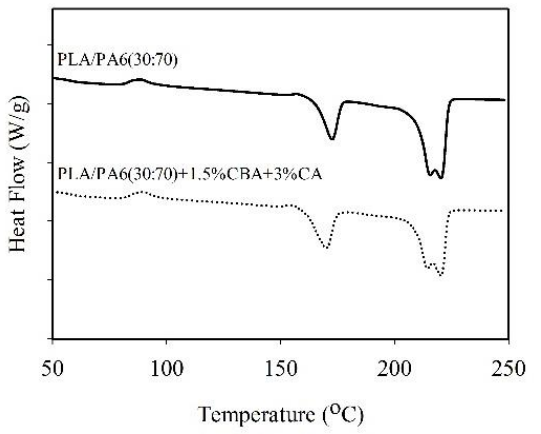
When Figure 5 and Table 4 were examined, it was seen that the addition of CBA and CA to the PLA/PP blends did not cause major changes in temperature, enthalpy and crystallinity values. Similarly, it was observed that there were no significant differences in temperature, enthalpy and crystallinity values in pure and CBA-CA added PLA/PA6 (30:70) blends, as can be seen in Figure 6 and Table 5.



a)



b)



c)

Figure 6. DSC thermograms of PLA/PA6 (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends containing CBA and CA; (a) first melting, (b) cooling, c) second melting transitions.

Table 5. Thermal analysis results of PLA/PA6 (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends containing CBA and CA.

Samples	T_g (°C)	T_{m1} (°C)	T_{m2} (°C)	ΔH_{m1} (J/g)	ΔH_{m2} (J/g)	T_{cc} (°C)	ΔH_{cc} (J/g)	X_{cPLA} (%)	X_{cPA6} (%)
PLA/PA6(30:70)	60.77	172.6	220.4	15.34	40.98	86.38	4.65	54.98	25.45
PLA/PA6(30:70) +1.5%CBA+3%CA	58.99	170.0	220.3	16.26	38.86	90.22	7.31	58.28	24.14

Thermal gravimetric analysis results

TGA thermograms of the pure and CBA-CA added PLA/PP (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends which were produced in prototype scale were given in Figure 7-8 and TGA analysis results were specified in Table 6.

When Figure 7-8 and Table 6 were examined, it has been observed that the temperature values decrease in the range of about 1-1.5% with the addition of CBA and CA to the pure PLA/PP and PLA/PA6 blends, while it can be stated that no major thermal degradation was observed.

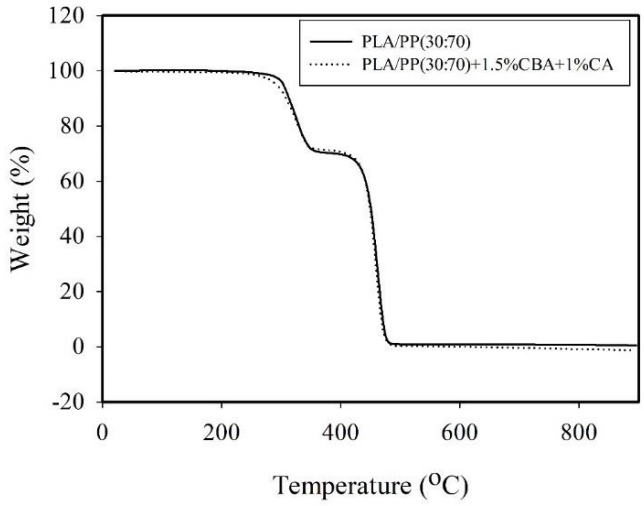


Figure 7. TGA thermograms of PLA/PP (30:70) and PLA/PP (30:70) blends containing CBA and CA.

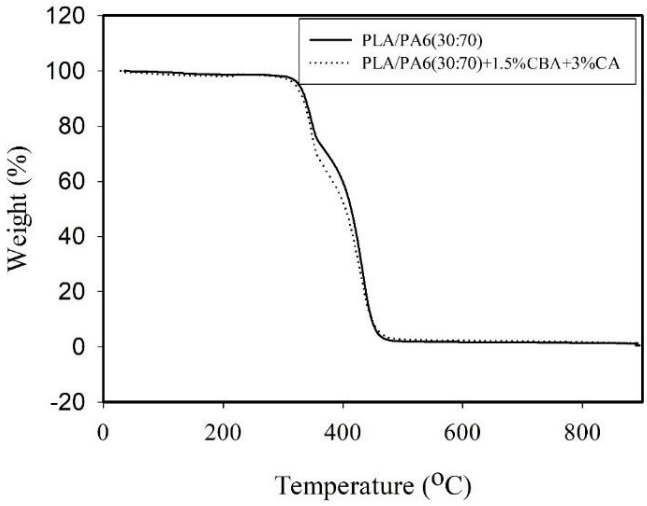


Figure 8. TGA thermograms of PLA/PA6 (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends containing CBA and CA.

Table 6. TGA analysis results of PLA/PP(30:70), PLA/PA6(30:70) and PLA/PP(30:70), PLA/PA6(30:70) blends containing CBA and CA.

Samples	T_{10} (°C)	T_{max} (°C)		Residue (%)
		PLA	PP/PA6	
PLA/PP (30:70)	333.1	341.7	460.7	0.38
PLA/PP (30:70) +1.5%CBA +1%CA	328.9	337.2	459.4	0.10
PLA/PA6 (30:70)	337.1	346.6	432.6	1.03
PLA/PA6 (30:70) +1.5%CBA +3%CA	332.5	348.3	430.7	1.10

3.6. Morphological analysis results

Stereo and scanning electron microscope images of the pure and CBA-CA added PLA/PP (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends which were produced in prototype scale were given in Figure 9 and Figure 10. Stereo microscope images were obtained with ×25 magnification and SEM images were obtained with ×1000 magnification.

The porous structures formed by the addition of CBA-CA to PLA/PP (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends can be observed in the microscope images in Figure 9 and Figure 10. It can be observed that the use of CA as a compatibilizing agent in the blends has a positive effect on the interfacial interactions of the binary polymer blends and an effective foaming was achieved by optimizing the temperature, time and pressure parameters, in the meanwhile smooth pore structures can be formed.

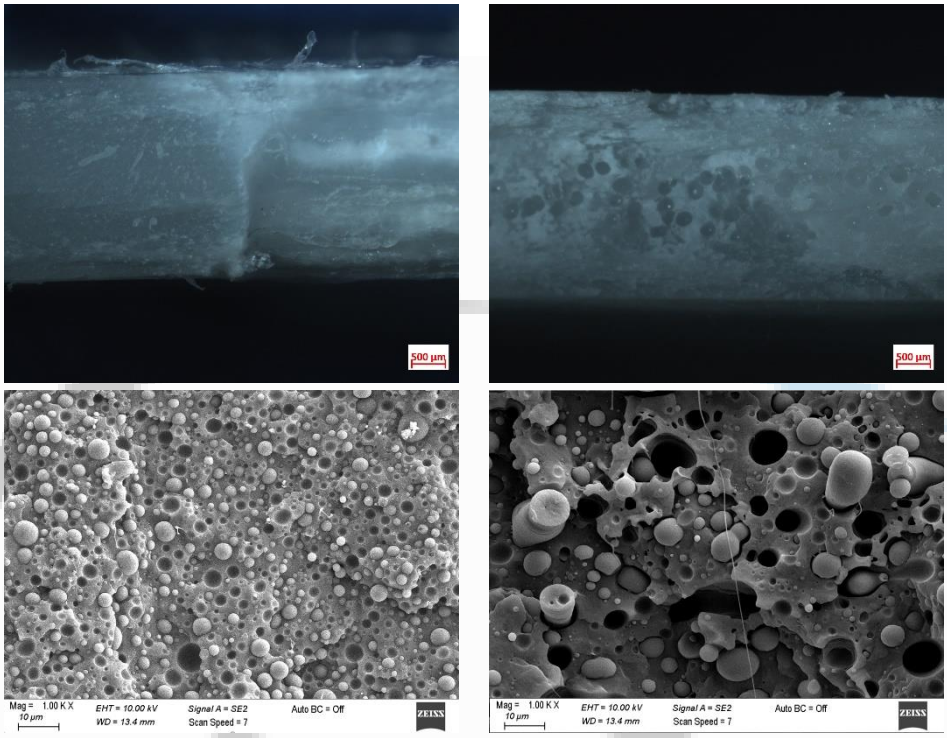
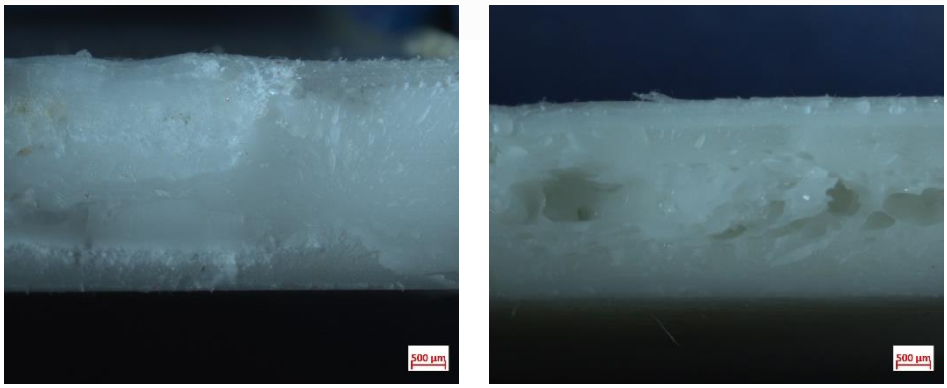
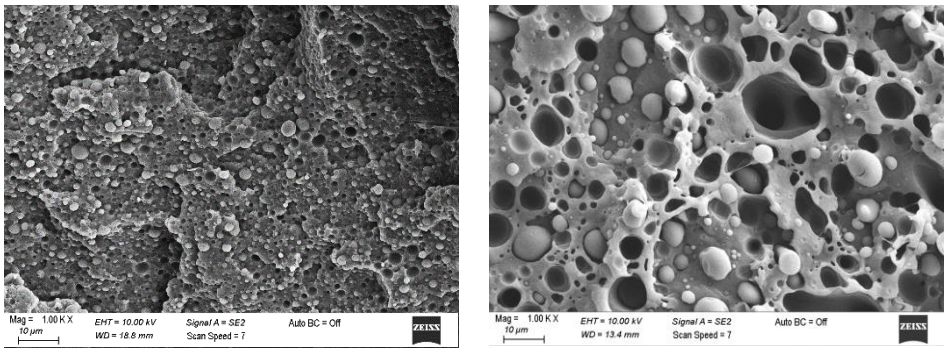


Figure 9. Stereo microscope and SEM images of a) PLA/PP (30:70), b) PLA/PP (30:70)+1.5%CBA+1%CA obtained at a magnification of ×25 and ×1000, respectively.





a) b)

Figure 10. Stereo microscope and SEM images of a) PLA/PA6 (30:70), b) PLA/PA6 (30:70)+1.5%CBA+3%CA obtained at a magnification of ×25 and ×1000, respectively.

CONCLUSION

Prototype productions of pure and chemical blowing and compatibilizing agents added PLA/PP (30:70) and PLA/PA6 (30:70) blends which were determined as the most suitable formulations were carried out and density, FT-IR, mechanical, DSC, TGA, and microscope analyzes were performed and evaluated. Accordingly, while no significant differences were observed in the results of FT-IR, DSC, and TGA analyzes, important inferences could be drawn from the results of especially density and mechanical tests. As a result of the fact that the parameters such as pressure, temperature and time, which have a direct effect on the foaming process, can be controlled and optimized during the prototype production process, higher weight reduction was obtained in the blends and higher mechanical values were exhibited. This situation has shown that the formulations determined by many laboratory-scale production and analysis are applicable and usable in the prototype production process.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors gratefully acknowledge the Scientific Research Projects Unit of Bursa Technical University (under the contract number of 190D001 and 210ÖAP07), Bursa Technical University Central Research Laboratory for providing facilities for this research and Demo Plastic Products Industry Trade Inc. for providing the opportunity to conduct prototype scale productions.

REFERENCES

[1] **Clyne, T.W. ve Hull, D.** (2019) An introduction to composite materials. Cambridge university press.

[2] **Fan, J. ve Njuguna, J.** (2016) An introduction to lightweight composite materials and their use in transport structures. *Lightweight Composite Structures in Transport*, Elsevier. s. 3–34.

[3] **Hsissou, R., Seghiri, R., Benzekri, Z., Hilali, M., Rafik, M. ve Elharfi, A.** (2021) Polymer composite materials: A comprehensive review. *Composite Structures*, Elsevier. ***262***, 113640.

[4] **Ravenstijn, J.T.J.** (2010) The state-of-the-art on Bioplastics: Products, markets, trends, and technologies. Ravenstijn.

[5] **Xu, Y., Loi, J., Delgado, P., Topolkaraev, V., McEneany, R.J., Macosko, C.W. vd.** (2015) Reactive compatibilization of polylactide/polypropylene blends. *Industrial & engineering chemistry research*, ACS Publications. ***54***, 6108–14.

[6] **Gum, W.F. ve Riese, W.** (1992) Reaction polymers: polyurethanes, epoxies, unsaturated polyesters, phenolics, special monomers, and additives: chemistry, technology, applications, markets. Hanser publishers.

[7] **Najafi, N., Heuzey, M.-C., Carreau, P.J., Therriault, D. ve Park, C.B.** (2015) Mechanical and morphological properties of injection molded linear and branched-polylactide (PLA) nanocomposite foams. *European Polymer Journal*, Elsevier. ***73***, 455–65.

[8] **Preechawong, D., Peesan, M., Supaphol, P. ve Rujiravanit, R.** (2005) Preparation and characterization of starch/poly (L-lactic acid) hybrid foams. *Carbohydrate Polymers*, Elsevier. ***59***, 329–37.

[9] **Hao, A., Geng, Y., Xu, Q., Lu, Z. ve Yu, L.** (2008) Study of different effects on foaming process of biodegradable PLA/starch composites in supercritical/compressed carbon dioxide. *Journal of Applied Polymer Science*, Wiley Online Library. ***109***, 2679–86.

[10] **Mihai, M., Huneault, M.A., Favis, B.D. ve Li, H.** (2007) Extrusion foaming of semi-crystalline PLA and PLA/thermoplastic starch blends. *Macromolecular bioscience*, Wiley Online Library. ***7***, 907–20.

[11] **Zhang, J. ve Sun, X.** (2007) Biodegradable foams of poly (lactic acid)/starch. I. Extrusion condition and cellular size distribution. *Journal of applied polymer science*, Wiley Online Library. ***106***, 857–62.

[12] **Zhang, J. ve Sun, X.** (2007) Biodegradable foams of poly (lactic acid)/starch. II. Cellular structure and water resistance. *Journal of Applied Polymer Science*, Wiley Online Library. ***106***, 3058–62.

[13] **Ertas, M., Altuntas, E. ve Donmez Cavdar, A.** (2019) Effects of halloysite nanotube on the performance of natural fiber filled poly (lactic acid) composites. *Polymer Composites*, Wiley Online Library. ***40***, 4238–47.

[14] **Yetgin, S.H. ve Ünal, H.** (2008) Polimer esaslı köpük malzemeler. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, ***17***, 117–28.

[15] **Lee, L.J., Zeng, C., Cao, X., Han, X., Shen, J. ve Xu, G.** (2005) Polymer nanocomposite foams. *Composites science and technology*, Elsevier. ***65***, 2344–63.

[16] **Kaynak, C. ve Meyva, Y.** (2014) Use of maleic anhydride compatibilization to improve toughness and other properties of polylactide blended with thermoplastic elastomers. *Polymers for advanced technologies*, Wiley Online Library. ***25***, 1622–32.

Presentation ID / Sunum No: 106

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-5573-5096; 000-0001-8159-360X; 0000-0002-4640-6570

Makine Öğrenmesi İle Kalp Hastalıklarının Tespiti

Araştırmacı Erkan Akkur[1], Dr. Öğretim Üyesi Fuat Türk[2], Prof.Dr. Osman Eroğul[1]
[1]TOBB University of Economics and Technology
[2]Çankırı Karatekin University

*Corresponding author: Erkan Akkur

Özet: *Kalp hastalığı, yaygınlığı ve yüksek ölüm oranları nedeniyle insan sağlığını tehdit etmektedir. Kalp hastalığını tahmin etmek, geleneksel yöntemler kullanarak karmaşık bir iştir. Son yıllarda, kalp hastalıklarını tahmin etmek için makine öğrenimi teknikleri kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında StatLog Kalp Hastalığı veri seti üzerinde Karar Ağacı, Naive Bayes, Lojistik Regresyon, Destek Vektör Makineleri ve K-En Yakın Komşu makine öğrenme teknikleri kullanılarak kalp hastalıklarının tespitine ilişkin ilişkin karşılaştırmalı bir analiz sunulmaktadır. Veri setindeki etkin öznitelikleri seçmek için Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Makine öğrenimi algoritmalarının sınıflandırma performansı, doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F1-skoru açısından değerlendirilmiştir. Destek Vektör Makineleri 96.3% doğruluk, 95.83% kesinlik, 95.83% duyarlılık ve 95.83% F1-skoru ile çalışmanın en iyi tahmin oranına sahip algoritması olmuştur. Bu çalışmanın klinisyenlere kalp hastalığını erken evrede tespit etmede yardımcı olacağına inanmaktayız.*

Anahtar Kelimeler: *Kalp Hastalığı, Makine Öğrenmesi, Destek Vektör Makineleri*

DETECTION OF HEART DISEASES WITH MACHINE LEARNING

Abstract: *Heart disease threatens human health due to its prevalence and high mortality rates. Predicting heart disease is complicated task using traditional methods. In recent years, machine learning techniques have been utilized to predict heart diseases. In this study, a comparative analysis of heart disease detection is presented using Decision Tree, Naive Bayes, Logistic Regression, Support Vector Machines and K-Nearest Neighbor machine learning techniques on the StatLog Heart Disease dataset. Mann Whitney U test is utilized to select the influential features. The classification performance of machine learning algorithms was evaluated in terms of accuracy, precision, recall and F1 score. The Support Vector Machines was the algorithm with the best prediction rate of the study, with 96.3% accuracy, 95.83% precision, 95.83% sensitivity and 95.83% F1-score. We believe that this study will help clinicians detect heart disease at an early stage.*

Keywords*: Heart disease, Machine learning, Support vector machine*

INTRODUCTION

Heart diseases (HDs) are group of disorder that impair of heart proper functioning. Rheumatic heart disease, peripheral arterial disease, congenital heart disease, coronary heart disease, cerebrovascular disease and other conditions constitute types of HDs (Ahmad et al., 2022). Absence of exercise, tobacco use, harmful use of alcohol, obesity, physiological factors, family history and hypertension are the main risk factors of HDs (Ding, 2020). HDs cause approximately 17.9 million deaths per year, representing 31% of all deaths globally (Kim, 2021). The high mortality rates of HDs make early diagnosis vitally important. If HDs can be diagnosed at an early stage, the mortality rates can be diminished. In general, blood test, ECG, breathing test, and chest X-Ray are of the techniques used to diagnose of HDs (Talin et al., 2022). The number of clinical tests used to diagnose HDs takes time and expenses. In addition, it is a complicated task dealing with the clinical data of each patient for clinicians. With the developing information technologies, machine learning techniques have been an important role in early diagnosis of HDs as well as in other medical applications.

Machine learning (ML) techniques have been a powerful approach in the classification study finding the difference between healthy and heart disease individuals in the available clinical data. Classification of cardiovascular diseases provides a critical basis for the treatment. Machine learning is one of the approaches to predict the status of the heart diseases based on clinical data (Azmi et al., 2021). In the light of this information, five ML techniques including logistic regression (LR), decision tree (DT), naive Bayes (NB), support vector machine (SVM) and K-nearest neighbor (K-NN) have been used to predicted as absence or presence of HDs. The main goal of this study is to compare of this techniques in terms of performance criteria.

LITERATURE SURVEY

Different ML algorithms have been used in research on heart diseases. Dwivedi (2018) compared different ML techniques to predict of HDs. The highest accuracy rate among algorithms LR yielded 85% of accuracy. Khateeb and Usman (2017) utilized K-NN to predict heart disease with 80% accuracy. David (2018) proposed a comparative analysis using ML techniques to predict of HDs. The StatLog dataset used for experiments. NB, DT and Random Forest (RF) used as classification algorithms. RF algorithm achieved the best performance with 81% of accuracy. Princy et al. (2020) utilized supervised machine learning techniques. DT demonstrated the best performance with 0.73 of accuracy. Alotaibi (2019 utilized several ML approach to predict of HDs. DT, NB, LR, SVM, and RF were used as classifier. Cleveland Heart Disease dataset was used for experiments. The best performance of classifier was DT with 93.19% of accuracy. Sing and Kumar (2020) presented a comperative analysis using ML algorithms on a dataset. LR, DT, K-NN and SVM approaches were used for classification process. With 87% of accuracy, K-NN was the best classifier compared to other appraoches. Dhankhar and Jain (2021) investigaed the best ML algorithms to forecast of HDs.The experiments were tested on UCI Repository of heart disease datasets. Among the ML algorithms, RF achieved the best classification results with 90% of an accuracy.Ware et al. (2020) compared ML algorithms for forecasting of HDs. The experiments were tested on the Cleveland Heart Disease Dataset. SVM algorithms achieved the most prominent results, 89.34% of accuracy.

MATERIALS AND METHODS

This study presents a comparative analysis using ML methods for the diagnosis of HDs. Figure 1 shows the flow diagram of the study.

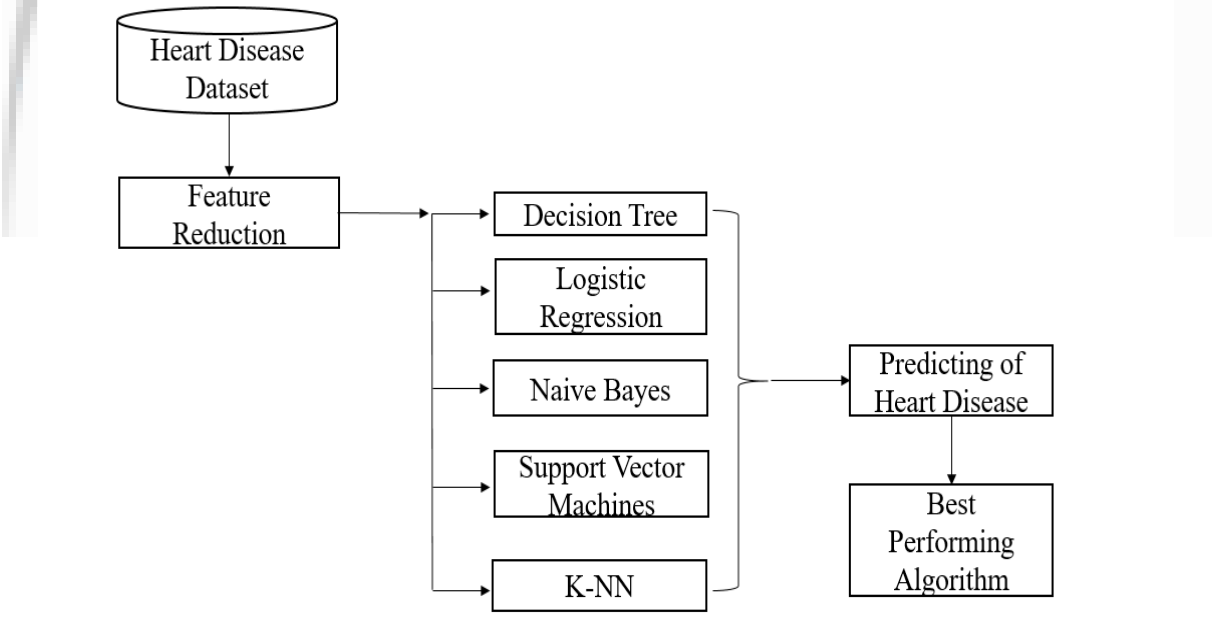


Figure 1: The flow diagram of the study

3.1. Heart Disease Dataset

The StatLog heart disease dataset, available from the Kaggle, was used in this study. The dataset consists of 270 samples, 150 with absence of HD and 120 presence of HD. 14 features are defined to predict heart diseases which are age, sex, chest pain type (chp), resting blood pressure (bp), serum cholesterol (sch), fasting blood sugar(fbs), resting electrographic results (ecg), maximum heart rate achieved (mhrt), exercise induced angina (exian), oldpeak (opk), slope of peak exercise ST segment (slope), number of major vessels (vessel), defect type (thal) and predicted value (target). Target values compose of 0 and 1 respectively demonstrates the presence and absence of HDs (Dua and Graff, 2019).

3.2. Feature Reduction

Feature reduction is defined as reducing data from a high-dimensional volume to a low-dimensional volume while preserving some meaningful features of the dataset (Jia, 2022). In this study, two stage approach is used to feature reduction. Firstly, Kolmogrov Smirnov test was applied to determine whether the data were suitable for normal distribution. Then, Mann-Whitney U test was utilized to determine the influential features.

3.3. Machine Learning Techniques

Decision Tree (DT) first extracts simple rules from the data and then tries to predict the target value by passing these rules through a learning process. Logistic Regression (LR) aims to make predictions about the dependent variable by using the independent variables. Naive Bayes (NB) uses the principle of "Bayes Theorem" and aims to predict the class of data with a series of calculations defined according to the probability principles. Support Vector Machine (SVM) builds a line or a hyperplane that divides the data into classes. K-Nearest Neighbor (K-NN) utilizes feature similarity to forecast the values of new data points (Azmi, 2021).

3.4. Performance Metrics

To evaluate the performance of ML, accuracy, precision, recall and F1-score metrics are used. Confusion matrix is essential to measure is essential to measure the performance metrics. True positive (TP), True negative (TN), False positive (FP) and False negative (FN) values need to be identified to measure the confusion matrix which is demonstrated in Table 1 (Dwivedi, 2018).

Table 1: Confusion matrix

		True Class		
		Presence	**Absence**	**Total**
Predicted Class	**Presence**	TP	FP	TP+FP
	Absence	FN	TN	TN+FN
	Total	TP+FN	TN+FN	

$$Accuracy = \frac{(TP + TN)}{(TP + FP + TN + FN)} x100 \quad (1)$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP + FP)} x100 \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP + FN)} x100 \quad (3)$$

$$F1 - Score = 2x\frac{PrecisionxRecall}{Precision + Recall} x100 \quad (4)$$

EXPERIMENTS AND DISCUSSION

The performance of five ML was evaluated for prediction of HDs. StatLog heart disease dataset was used for experiments. The dataset was divided into two sets, 80% of training and 20% of testing. When using IBM SPSS Statics 25 program to determine influential features; The MATLAB 2020a was used to run the classifier methods. The features of dataset are shown in Table 2. The values in Table 2 are shown mean (standard deviation). The p-values shown in the Table 2 were first evaluated with the Kolmogorov Smirnov test with the assumptions of normality for each input and then obtained using the Mann-Whitney U test.

Table 2: Descriptive statistics about the Data Set

No	Feature Name	Presence	Absence	p-value
1	age	56.5(8.09)	52.71(9.51)	<0.05
2	sex	0.83(0.38)	0.55(0.5)	<0.05
3	chp	3.61(0.78)	2.82(0.93)	<0.05
4	bp	134.23(19.03)	128.87(16.46)	0.31*
5	sch	256.22(48.09)	244.21(54.01)	0.08*
6	fbs	0.14(0,35)	0.15(0.36)	0.79*
7	ecg	1.22(0.98)	0.86(0.99)	<0.05
8	mhrt	139.12(23.05)	158.33(19.2)	<0.05
9	exian	0.55(0.5)	0.15(0.36)	<0.05
10	opk	1.58(1.29)	0.62(0.8)	<0.05
11	slope	1.82(0.57)	1.4(0.59)	<0.05
12	vessel	1.13(1.02)	0.29(0.65)	<0.05
13	thal	5.86(1.76)	3.79(1.55)	<0.05

When the mean values of the 13 features defined in the data set were compared, a statistically significant difference was found for 10 features ($p<0.05$). However, there is no statistically significant difference for the remaining 3 features. ($p>0.05$). Figure 1 summarizes the weights and order of importance showing the effect of features used for prediction of HDs.

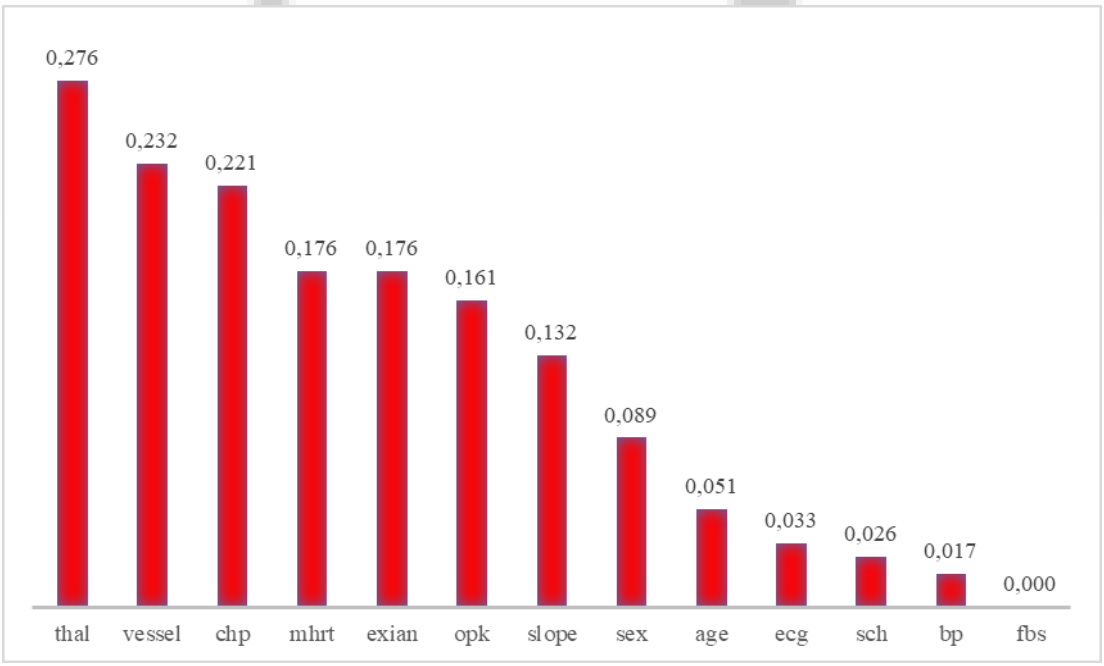


Figure 2: Weights and order of importance of features used for heart disease probability estimation.

The effect of the three most influential features on the prediction were 27.6% defect type (thal), 23.2% number of major vessels (vessel) and 22.1% chest pain type (chp), respectively. 2.6% serum cholesterol (sch), 1.7% resting blood pressure (bp) and 0% fasting blood sugar(fbs) were found is the least influential features. The comparison of the classifier methods used according to the performance criteria obtained from the parameters forming the confusion matrix is shown in Table 3.

Table 3: Demonstration of classifier models according to evaluation criteria

Algorithms	TP	FP	TN	FP	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
DT	20	4	25	5	83.33	83.33	80	81.63
LR	21	3	29	1	92.59	87.5	95.45	91.3
NB	20	4	27	3	87.04	83.33	86.96	85.11
SVM	23	1	29	1	96.3	95.83	95.83	95.83
K-NN	21	3	28	2	90.74	87.5	91.3	89.3

The performance of machine learning algorithms was displayed in Figure 3. DT showed 83.33% of accuracy and precision, 80% of recall and 81.63% of F1-score. Accuracy, precision, recall and F1-score values of the criteria showing the performance of LR were found to be 92.59%, 87.5%, 95.45% and 91.3%, respectively. NB demonstrates sccuracy, precision, recall and F1-score values of 87.04%, 83.33%, 86.96% and 85.11%, respectively. SVM algorithm achieved 96.3% of accuracy and 95.83% of precision, recall and F1-score. Accuracy, precision, recall and F1-score values of K-NN were 90.74%, 87.5%, 91.3% and 89.3%, respectively. According to these results, SVM demonstrated the best predicting algorithms of the study.

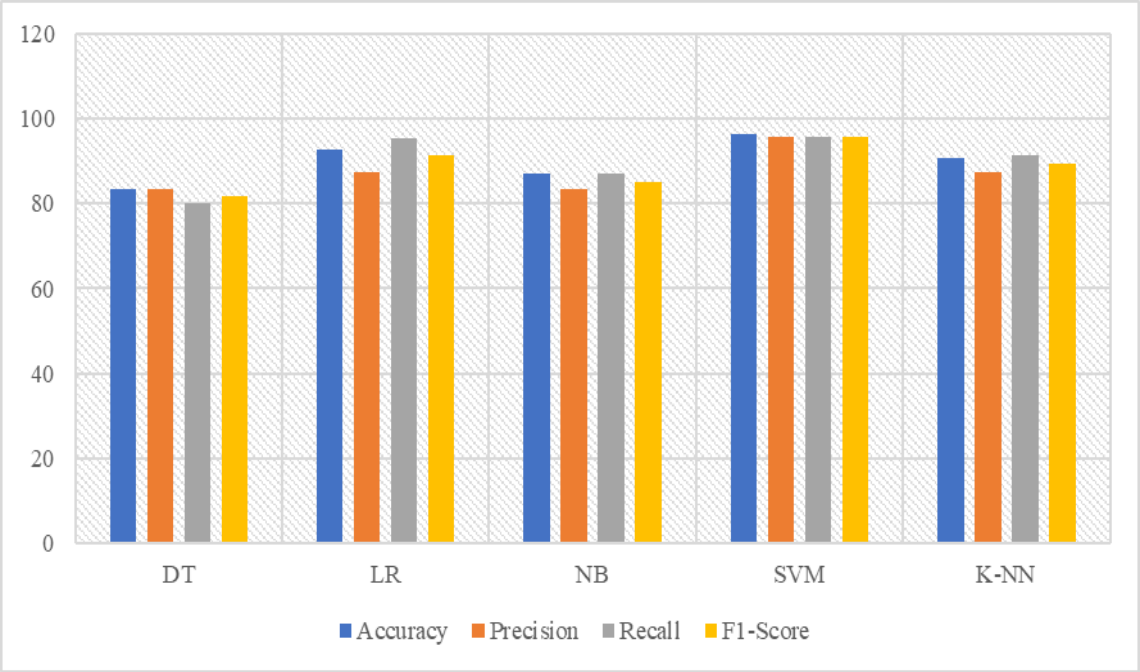


Figure 3: The performance of classification algorithms

CONCLUSION

This study aims to present an alternative approach for clinicians in order to predict HDs. A dataset of total 13 demographic and clinical data of 250 people were used. Five different ML techniques were utilized to predict of HDs. SVM algorithm was the best among the classifiers according to the performance criteria. Among the 13 features, the feature that the most affected the classification performance of the SVM was found to be defect type (thal) with 27.6% . Serum cholesterol (sch), resting

blood pressure (bp) and fasting blood sugar(fbs) were the least influential features to classification process. We believe that this study will contribute to further efforts for stronger heart disease prediction.

REFERENCES

Ahmad, G. N., Fatima, H., Abbas, M., Rahman, O. & Alqahtani, M. S. (2022). Mixed machine learning approach for efficient prediction of human heart disease by identifying the numerical and categorical features. *Applied Sciences*, *12*(15), 7449.

Kim, H. C. (2021). Epidemiology of cardiovascular disease and its risk factors in Korea. *Global Health & Medicine*, *3*(3):134-141.

Talin, I. A., Abid, M. H., Khan, M., Kee, S. H. & Nahid, A. A. (2022). Finding the influential clinical traits that impact on the diagnosis of heart disease using statistical and machine-learning techniques. *Scientific Reports*, *12*(1), 1-11.

Azmi, J., Arif, M., Nafis, M. T., Alam, M. A., Tanweer, S. & Wang, G. (2022). A Systematic Review on Machine Learning approaches for Cardiovascular Disease Prediction using Medical Big Data. *Medical Engineering & Physics*, 105:103825.

Dwivedi, A. K. (2018). Performance evaluation of different machine learning techniques for prediction of heart disease. *Neural Computing and Applications*, *29*(10), 685-693.

Khateeb, N., & Usman, M. (2017, December). Efficient heart disease prediction system using K-nearest neighbor classification technique. *In proceedings of the International Conference on Big Data and Internet of Thing* (pp. 21-26).

David, H., & Belcy, S. A. (2018). Heart disease prediction using data mining techniques. ICTACT J. *Soft Comput.*, *9*(1).

Princy, R. J. P., Parthasarathy, S., Jose, P. S. H., Lakshminarayanan, A. R. & Jeganathan, S. (2020, May). Prediction of cardiac disease using supervised machine learning algorithms. *In 2020 4th international conference on intelligent computing and control systems (ICICCS)* (pp. 570-575). IEEE.

Alotaibi, F. S. (2019). Implementation of machine learning model to predict heart failure disease. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *10*(6).

Singh, A., & Kumar, R. (2020, February). Heart disease prediction using machine learning algorithms. In *2020 international conference on electrical and electronics engineering (ICE3)* (pp. 452-457). IEEE.

Dhankhar, A. & Jain, S. (2021). Prediction of disease using machine learning algorithms. *Smart and Sustainable Intelligent Systems*, 115-125.

Ware, S., Rakesh, S., & Choudhary, B. (2020). Heart Attack Prediction by using Machine Learning Techniques. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, *8*(5), 1577-80.

Dua, D. and Graff, C. (2019). UCI Machine Learning Repository [http://archive.ics.uci.edu/ml]. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science.

Jia, W., Sun, M., Lian, J. & Hou, S. (2022). Feature dimensionality reduction: a review. *Complex & Intelligent Systems*, 1-31.

Presentation ID / Sunum No: 140

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

Uçağın Taksi Hareketinin Eş Zamanlı Simulasyon Yöntemi İle Modellenmesi

Araştırmacı Sefa Semiz[1], Prof.Dr. Mehmet Arif Adlı[1]
[1]Gazi Üniversitesi

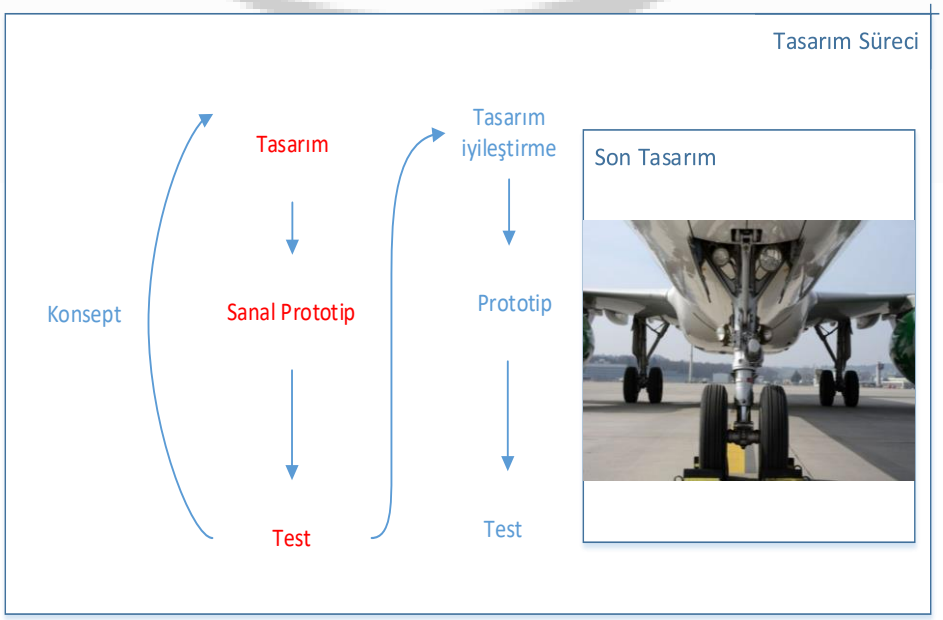
*Corresponding author: Sefa Semiz

Özet: *Model tabanlı tasarım geliştirme, sistem geliştirme çalışmaları birçok yönden avantaj sağlayan güçlü bir tasarım tekniğidir. Bu yöntem tasarım için sanal prototip geliştirme ve donanıma entegre edilmeden önce kontrolcü test ve düzeltme çalışmalarına olanak sağlar. Bu çalışma kapsamında eş zamanlı simülasyon yöntemi ile kurulan sanal uçak prototipini kullanarak, bir jet uçağının piste gitmeden önce yerde yapmış olduğu taksi hareketinin simulasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Msc Adams programında çoklu gövde dinamiği ile hazırlanmış uçak modeli Simulink ortamına aktarılmış, simulink ortamında burun iniş takımı hidrolik modeli ile eş zamanlı olarak simüle edilmiştir. Çalışma sonucunda uçağın yer davranışı test datası ile karşılaştırılmış ve eş zamanlı simulasyon yöntemi ile hazırlanan model uçağın yer davranışı ile benzer bir davranış göstermiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Çoklu Gövde Dinamiği, Eş Zamanlı Simulasyon, İniş Takımı Yönlendirme Sistemi*

Giriş

Ürün sistem tasarımları, tasarımının doğası gereği karmaşık ve zaman alan bir süreçtir. Ürün son haline getirilmeden önce, ürünün tasarlandığı gibi çalışıp çalışmadığının kontrolü için prototip üretimi yapılmaktadır. Tasarım sürecinde ihtiyaç duyulan değişikleri yapmak ve prototip sonrası yapılan iyileştirmeleri de eklemek için tekrardan bir prototip tasarım ihtiyacı doğmaktadır. Bu da proje süresini ve maliyeti artırmaktadır. Fiziksel prototip ihtiyacını azaltmak için ürünün fiziksel davranışını yansıtan sanal bir model kurma fikri, sanal prototip fikrinin doğuşu olarak tanımlanabilir.



Şekil 1 Proje Tasarım Süreci

Şekil 1'de, bir projenin sanal prototip kullanılarak yapılan tasarım süreci gösterilmiştir. Tasarım olgunlaştıktan sonra, tasarım sürecini değerlendirmek için, tasarlanan ürünün sanal prototipi geliştirilerek ürün sistem test süreci başlar. Fiziksel prototipe ihtiyaç duyulmadan sistem test süreci tamamlanabilir. Test süresince elde edilen sonuçlar, aynı zamanda tasarıma girdi olarak tasarımda değişikler yapılmasına ve olgun bir tasarım elde edilmesine olanak sağlar.

Bu çalışmada, çoklu gövde dinamiği modelleme tekniği ile oluşturulan uçak modelini, simulink ile eş zamanlı çalıştırarak oluşturulan bir jet uçağının sanal prototipi ile piste gitmeden önce yerde yapmış olduğu taksi hareketinin simüle edilmesi amaçlanmaktadır.

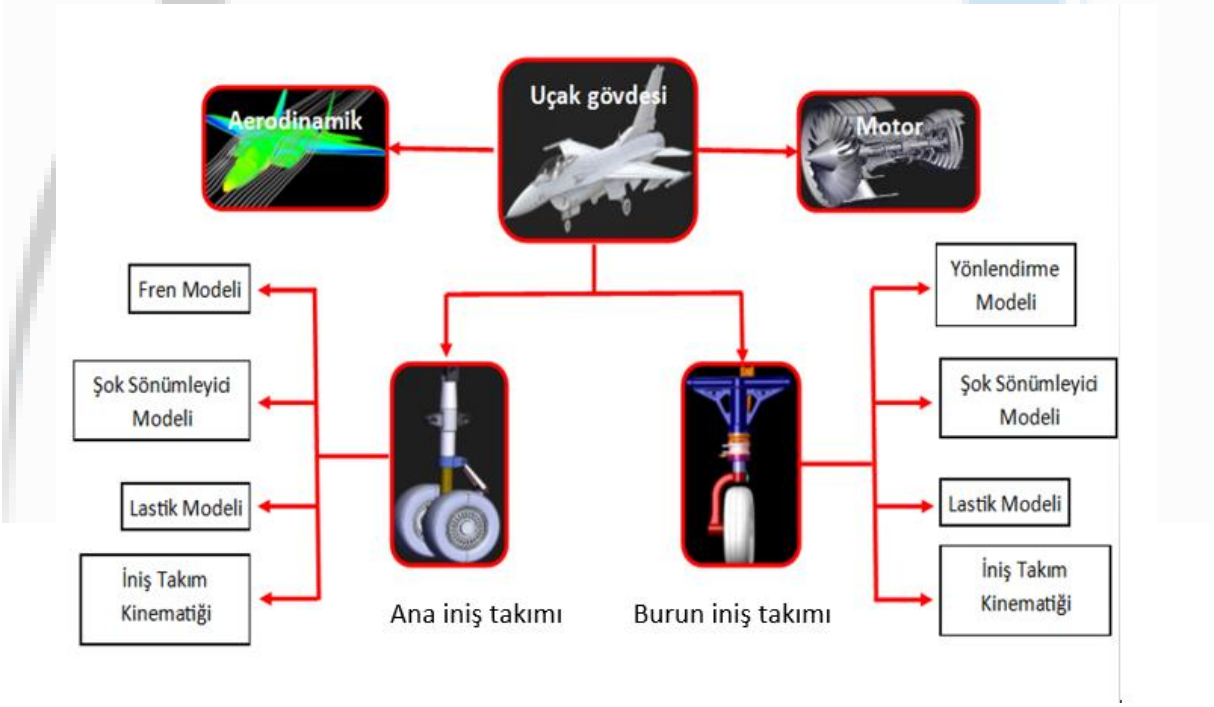
Çalışmanın ikinci bölümünde uçak benzetim modeli anlatılacaktır. Üçüncü bölümde ise test datası ile karşılaştırma yapılacaktır.

Benzetim Modeli

Uçağın sanal prototipinin modellenmesinde, sistemin doğrusal olmamasından dolayı çoklu gövde dinamiği yöntemi ile modelleme tercih edilmiştir. Çoklu gövde dinamiğinin modellenmesinde Msc Adams\View uygulaması avantaj sağlamaktadır.

Adams/View çok güçlü bir modelleme ve simülasyon aracıdır. Hareketli parçalardan oluşan mekanik sistemlerin modellenmesine ve simüle edilmesine bu sayede model iyileştirmelerine olanak sağlamaktadır. [1]

Şekil 2'te uçağın sanal prototip model yapısı gösterilmiştir. Uçak sanal prototipi, gövde modeli, iniş takımı modeli, motor modeli ve aerodinamik modelinden oluşmaktadır. Burada, aerodinamik model, uçağın taksi hareketi sırasında, uçak hızının ve kayma açısının küçük olmasından dolayı etkin değildir. Bu nedenle ihmal edilebilmektedir. Uçağın taksi manevrası sırasında iniş takımı sistemi diğer sistemlere göre daha baskın bir role sahiptir. Bu nedenle çalışmanın odaklandığı kısım iniş takımı sistemidir.



Şekil 2 Uçak Model Yapısı

İniş takımı modeli

İniş takımı modellemesinde, burun iniş takımı ve ana iniş takımı ayrı ayrı ele alınmaktadır. Burun iniş takımı, şok sönümleyici, lastik modeli ve fren modelinden oluşmaktadır.

Şok sönümleyici

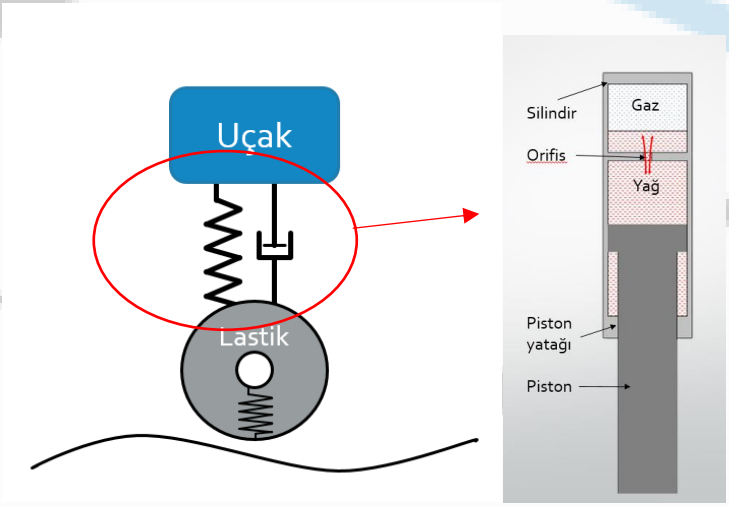
Uçakların iniş anında yüklerini sönümleyebilmek için iniş takımlarında şok sönümleyiciler bulunmaktadır. Uçaklar için birçok farklı tipte şok sönümleyici bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı oleo-pnömatik şok sönümleyicilerdir. Oleo-pnömatik ifadesi şok sönümleyicinin hidrolik yağ ve gazdan oluştuğunu ifade etmektedir. Şekil 3'te, oleo pnömatik bir şok sönümleyicinin kütle damper sistemi olarak ifadesi gösterilmiştir. Şok sönümleyicide bulunan gaz, doğrusal olmayan bir yay davranışı göstererek sıkışmaya bağlı kuvvet üretir. Şok sönümleyicide bulunan yağ ise sistemde sönüm elemanı olarak görev yapar ve hıza bağlı olarak kuvvet oluşturur. İniş takımı modeli tarafından oluşturulan kuvvet şu şekilde ifade edilebilir:

$$F_S = F_h + F_a + F_f$$

Burada,

F_S	Toplam sönümleyici kuvveti
F_h	Hidrolik yağ kuvveti
F_a	Gaz kuvveti
F_f	Burç sürtünme kuvveti

İfade etmektedir.



Şekil 3 Şok Sönümleyici Kütle Yay Gösterimi

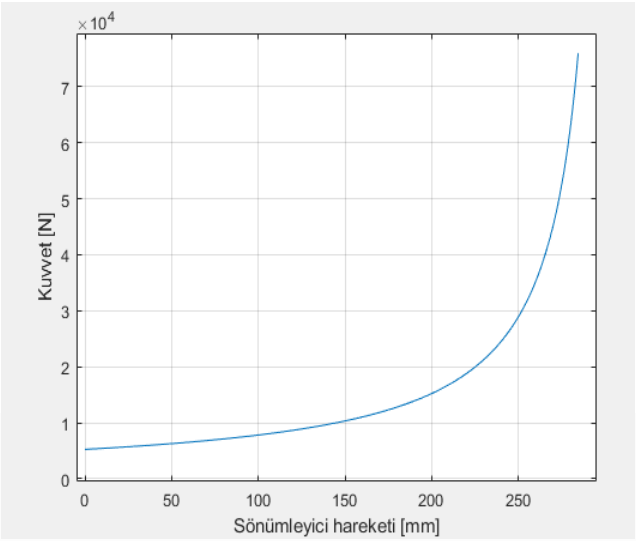
Yay kuvveti

Şok sönümleyicilerde yay kuvveti için genel olarak nitrojen gazı kullanılır. Nitrojen, sönümleyicinin sıkışması ile birlikte doğrusal olmayan bir kuvvet üretir. Gaz tarafından üretilen bu kuvvet, ideal gaz yaklaşımı ile bulunabilir: [2]

$$F_a = p_a A_a \left(\frac{v_0}{v_0 - A_a s} \right)^n$$

Denklem 1 Gaz kuvveti

Burada, v_0, A_a, s, p_a, n ifadeleri sırasıyla, başlangıç gaz hacmini, sönümleyici piston alanını, sıkışma miktarını, başlangıç gaz basıncını ve politropik sıkışma katsayısını ifade etmektedir.



Şekil 4 Gaz Sıkışma Kuvvet Eğrisi

Sönüm kuvveti

Şok sönümleyicilerde sönüm kuvveti için hidrolik yağ kullanılır. Hidrolik yağ, sönümleyicinin sıkışmasıyla birlikte bir hacimden diğerine küçük bir delikten geçmeye zorlanır. Hidroliğin delikten geçmesi ile birlikte hidrolikte basınç düşümü gerçekleşir.

$$Fh = \frac{\dot{s}}{|\dot{s}|} \frac{\rho A_h^3}{(2C_d A_n)^2} \dot{s}^2$$

Denklem 2 Hidrolik sönüm kuvveti

Denklemde $\dot{s}, \rho, A_h, C_d, A_n$ ifadeleri sırasıyla, sıkışma hızını yağ özgül kütlesini, hidrolik alanı, boşaltma katsayısı ve orifis alanını ifade etmektedir.

Sürtünme Kuvveti

İniş takımında, piston, silindire iki adet burç ile bağlanmaktadır. Burç ile piston arasında oluşan sürtünme kuvveti, burç yüzeyine dik gelen kuvvet ile sürtünme katsayısının çarpımı olarak tanımlanabilir:

$$F_f = \frac{\dot{s}}{|\dot{s}|}\left(\mu_1 |F_1| + \mu_2 |F_2|\right)$$

Denklem 3 Sönümleyici sürtünme kuvveti

Denklemde $\dot{s}, \mu_1, \mu_2, F_1, F_2$ ifadeleri sırasıyla, sıkışma hızını, üst burçtaki sürtünme katsayısını, alt burçtaki sürtünme katsayısını, üst burçtaki yüzey kuvvetini ve alt burçtaki yüzey kuvvetini ifade etmektedir.

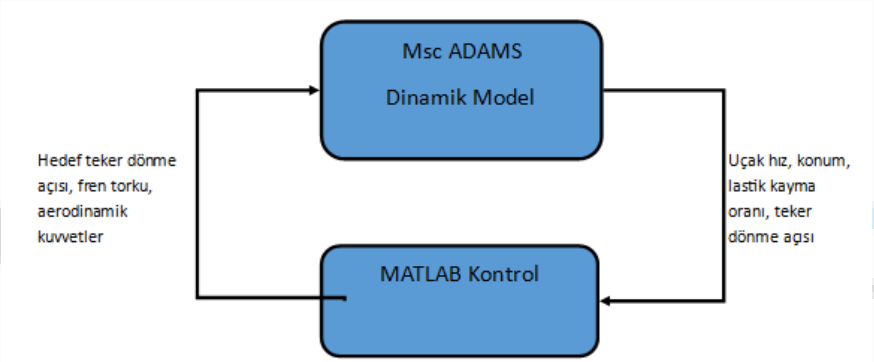
Lastik Modeli

Adams programı, araç modellerinde kullanmak için birçok lastik kütüphanesi içermektedir. Modele lastik eklemek için gerekli parametreler tanımlanmalıdır. Çalışmada NASA tarafından geliştirilen R-64 yarı deneysel lastik modeli kullanılmıştır.

Eş zamanlı Simülasyon

Simulink programı, matematiksel modelleme alanında güçlü bir araçtır. Bu nedenle, yönlendirici kontrol ve motor modeli, Simulink üzerinde matematiksel olarak modellenmiştir. Matematiksel modeli, çoklu gövde modeli ile birleştirmek için eş zamanlı simülasyon yöntemi kullanılmaktadır. Eş zamanlı simülasyon ile çalışırken, birlikte çalıştırılan uygulamalardan biri simülasyona komut veren uygulama(yönetici uygulama), diğeri ise simülasyonu takip eden uygulama(köle uygulama) olmalıdır. Bu çalışmada, Simulink, yönetici uygulama olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle Adams ile hazırlanan modelin, eş zamanlı simülasyon için Simulink ortamına aktarılması gerekmektedir.

Adams modeli üzerinde, fren torkları, yönlendirme komutu ve ağırlık merkezine etkiyen kuvvetler girdi olarak tanımlanmıştır. Çıktılar ise uçağın yer değiştirme, doğrusal ve açısal hız dataları olarak belirlenmiştir.

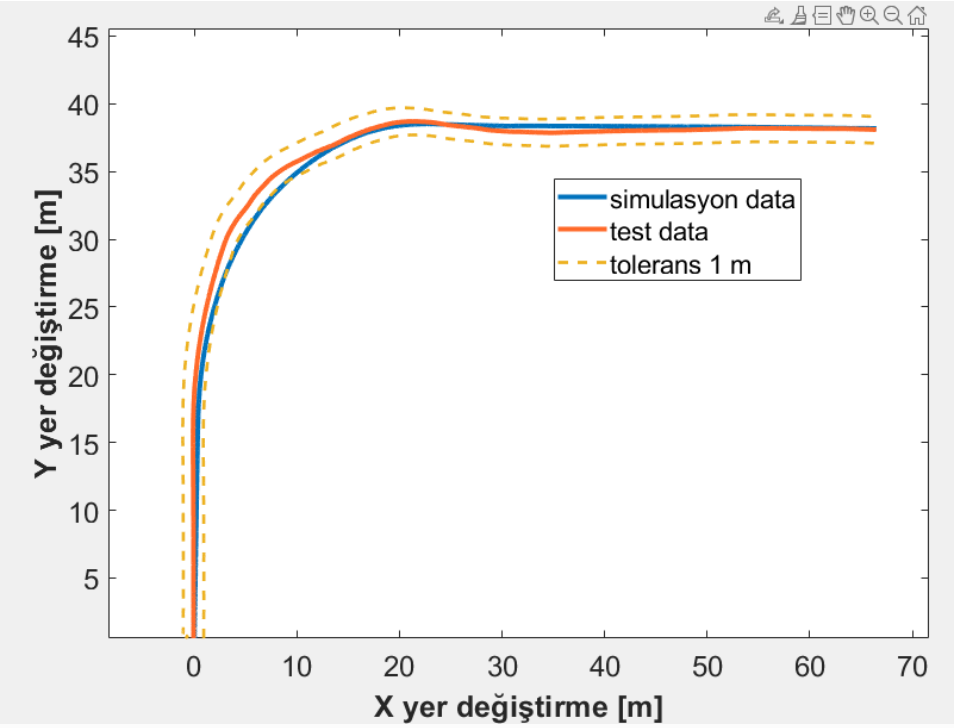


Şekil 5 Simülasyon Döngüsü

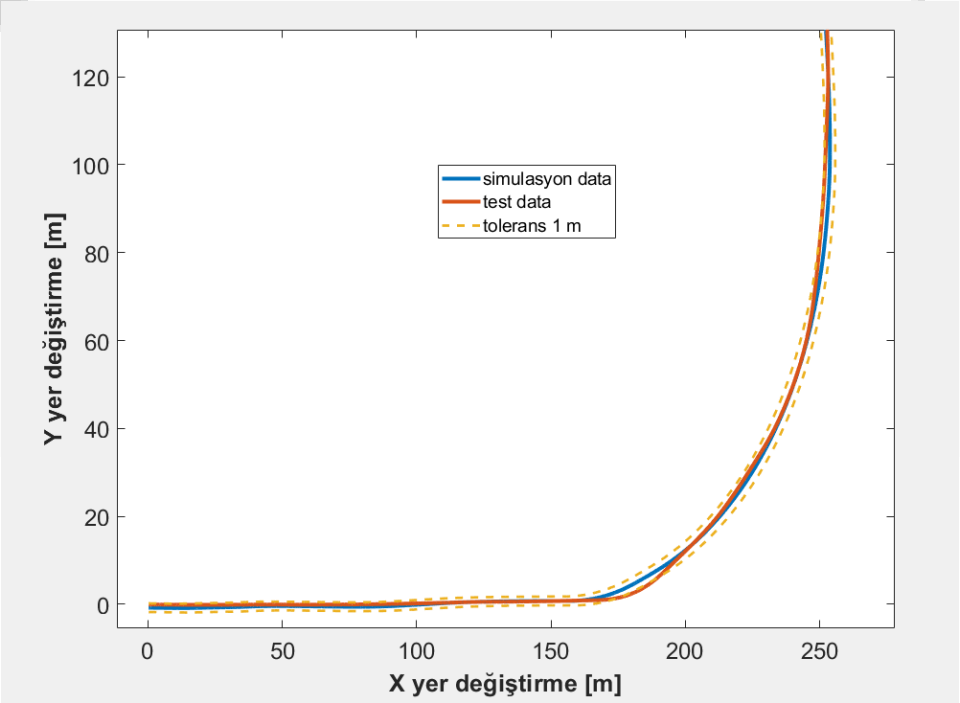
Simülasyon parametreleri hazırlandıktan sonra eş zamanlı simülasyon başlatılabilir. Simülasyon sonuçları matlab yardımı ile kaydedilir. Sonuçlar test datası ile karşılaştırılır. Ayrıca simülasyonun grafiksel sonuçları Adams üzerinde görüntülenebilmektedir.

Sonuç

Simülasyon testinde, doksan derece pist dönüşleri, test dataları ile karşılaştırılmıştır. Modelin düşük hızdaki davranışını incelemek için 0-10 knots arasında 90 derece dönüş simülasyonu yapılmıştır ve uçağın doğrusal ve yatay eksende yaptığı yer değiştirmesi incelenmiştir. Simülasyon sonucu, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, test datası ile karşılaştırıldığında modelin test datasına yakın bir sonuç sergilediği gözlemlenmiştir.



Ek olarak daha yüksek taksi hızı için model 15-20 knots arasında test edilmiştir. Daha yüksek taksi hızında yapılan 90 derece dönüş simülasyonunda da, model, test datası ile yakın bir sonuç sergilemiştir.



Sonuç olarak, çoklu gövde dinamiği modeli ve yönlendirme hidroliğinin eş zamanlı çalıştırılması ile oluşturulan sanal prototip modeli, gerçek uçağın taksi hareketlerini doğru bir şekilde yansıtmaktadır. Model, taksi simülasyonları için sanal prototip olarak kullanmaya uygundur.

Referanslar

Hexagon. (2021). Adams Online Help. Adams help: help.hexagonmi.com/en-US/bundle/adams/2021.2/adams_main.html adresinden alındı

Benjamin Milwitzky, F. E. (1952). Analysis of Landing Gear Behavior. Washington: NACA.

Hu Zhongling, X. D. (2015). Study on Co-Simulation Technology Based on ADAMS and MATLAB . China: International Symposium on Material, Energy and Environment Engineering.

Ming, Zhang et al. 2009. "Modeling and Simulation of Aircraft Anti-Skid Braking and Steering Using Co-Simulation Method." COMPEL - The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering 28(6): 1471–88.

Zhang, Ming, Rongmin Jiang, and Hong Nie. 2016. "Design and Test of Dual Actuator Nose Wheel Steering System for Large Civil Aircraft." International Journal of Aerospace Engineering 2016

Presentation ID / Sunum No: 150

Poster Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6080-7901 0000-0002-6285-0081

Farklı Meyve ve Sebze Suları ile Marinasyonun Etin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri

Dr. Öğretim Üyesi Aytunga Bağdatlı[1], Araştırmacı Berna Çapan[2]
[1]Manisa Celal Bayar Üniversitesi
[2]Ege Üniversitesi

*Corresponding author: Berna Çapan

Özet: *Marinasyon; etin kendine has özelliklerini geliştirmek için kullanılan yöntemlerden birisidir. Taze tüketime sunulan etlerde et kalitesini arttırmak amacıyla uygulanan marinasyon işlemi günümüzde oldukça yaygın bir et işleme tekniğidir. Marinasyon, etin aromasını zenginleştirerek et verimini, su tutma ve dokusal özellikleri arttırmaktadır. Ayrıca kas liflerine gevreklik sağlamak ve ürünü uzun süre muhafaza etmek gibi amaçlarla da kullanılabilmektedir. Meyve ekstraktları ve posalarının et ürünlerinde doğal antioksidan olarak kullanılabileceği bilinmektedir. Son yıllarda tüketicilerin doğal ve sentetik olmayan ürünlere yönelmesi nedeniyle meyve ve sebzelerin marinasyonda kullanımı daha yaygın hale gelmiştir. Marinatlar genellikle birden fazla gıda maddesinin bir araya getirilmesiyle oluşan kompozit yapılardır. Bu amaçla baharatlar, sebze suları, meyve suları, sirkeler, yağlar, şarap çeşitleri, biralar ve soslar kullanılabilmektedir. Marinasyon ile ilgili çalışmalar geleneksel kullanımları çeşitlendirmeye veya mevcut uygulamaların sonuçlarını belirlemeye odaklanmıştır. Bu çalışmalarda meyve suları, bitkisel yağlar, sebze suları, taze baharatlar, organik asitler gibi birçok marine sıvısı kullanılmıştır. Bu nedenle bu çalışmada et kalitesini önemli ölçüde etkileyen bazı sebze ve meyve sularının marinasyon işleminde kullanımı araştırılmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Marinasyon, et, fenolik bileşikler, antioksidan, meyve suları, sebze suları*

Effect of Marination With Fruit and Vegetable Juices On the Some Quality Characteristics of Meat

Abstract*: One of the methods used to develop the unique properties of meat is marination. Marinating, which is applied for the purpose of meat quality in meats offered for fresh consumption, is a very common meat processing technique today. Marination increase meat yield, water retention and textural properties, enriching the aroma of meat. In addition marination is used to provide crispness to muscle fibers and to preserve the product for a long time. It is known that fruit extracts and pulps can be used as natural antioxidants in meat products. In recent years, the use of fruits and vegetables in marination has become more common due to the fact that consumers turn to natural and non-synthetic products. Marinades are generally composite structures formed by combining more than one food material. It is possible to classify the foods used in these mixtures as spices, vegetable juices, fruit juices, vinegars, oils, wine types, beers and sauces. Studies on marination focused on diversifying traditional uses or determining the results of existing practices. Many marinating liquids such as fruit juices, vegetable oils, vegetable juices, fresh spices, organic acids were used in these studies. Therefore, in this study, the use of some vegetable and fruit juices in the marination process, which significantly affects the meat quality, was investigated.*

Keywords: *Marination, Meat, Phenolic Compounds, Antioxidant, Fruit Juices, Vegetable Juices*

Introduction

Texture and color are some of the most important qualitative features of meat and its products. They affect the acceptance among consumers and they are very important parameters of the culinary and meat industry's usefulness of meat (Latoch, 2020). Marination is a common practice by the industry to improve the quality properties of the meat (Aguirre et al., 2018). Marinating is a process of incorporating a liquid solution to improve flavour, texture and juiciness to muscle foods (Yusop et al., 2012). Marinade solutions may include natural or dried ingredients, spices, herbs and other extracts. The efficiency of the marination process alters depending on the components used in the liquids applied (Erge et al. 2018; Unal et al., 2022). Spices and herbs, added in marinades significantly enhance meat safety and controlled or minimized lipid oxidation (Vlahova-Vangelova and Dragoev, 2014). Marinated meat products have a distinct fragrance and flavor (Al-Dalali et al., 2022). Many plants containing antioxidant and antimicrobial activities can maintain the quality of meat products (Kim and Chin, 2021). Antioxidants present in fruits and vegetables have also a potential to reduce disease risk and increase the shelf life of food products by reducing lipid oxidation (Rupasinghe et al., 2022). Also vegetable juice has become a functional food available for dieting and health (Song et al., 2006). Therefore, in this study, the use of some vegetable and fruit juices in the marination process, which significantly affects the meat quality, was investigated.

1.1. Usage of fruit and vegetable juices in meat marination

One way to improve the tenderness of the meat is through marination, especially with acidic compounds (Unal et al., 2022). The acidity of many marinades comes from the employment of organic acids, usually from sources such as lemon juice, soy sauce, vinegar, wines and others. Nowadays, marination is a concept that varies from country to country and culture to culture (Meneses and Teixeira, 2022). Marination is a widely used technique that includes immersion or injection of meat with products such as fruit and vegetable juices, salt and organic acids consisting of natural additives, which allows the penetration of these ingredients due to diffusion (Unal et al., 2022).

Results of the studies on the use of fruit and vegetable juices in meat marination are given in Table 1.

Table 1. Results of the studies on the use of fruit and vegetable juices in meat marination

Marination & Meat type	Results	References
Vacuum-packed chicken wings -Pineapple juice -Mango juice -June plum juice	The best sensory properties were reported from chicken wings marinated with pineapple juice for 24 h, mango juice for 24 h, and June plum juice for 12 h compared to other marinade-time combinations. Mango juice showed the highest antioxidant activity (92.2%) and total phenolic content (38.45 µg/mL) compared to other fruit juices. The pH and water holding capacity of vacuum-packed chicken wings were slightly decreased over the frozen storage. Chicken wings marinated with mango juice had the lowest TBARS values and the highest 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate free radical scavenging activity.	(Rupasinghe et al., 2022).
Beefsteak -Broccoli juice -Soy juice	The tenderization parameters of all treatments were significantly higher than control. The value of tender parameters composed of myofibrillar fragmentation index, myofibrillar protein solubility, insoluble collagen and shear force was better for broccoli + soy sauce treatment than the others.	(Mirjah et al., 2020)

Marination & Meat type	Results	References
	The highest and lowest mean value of drip loss were observed in soy sauce (1.97%) and broccoli juice (1.72%), respectively. The rate of cooking loss was decreased over 48 h storage period for all treatments. During the tenderization period, the shear force means values of all treatments showed a significant decrease due to enzymatic activity and the progress of the meat aging process. The minimum shear force mean value were recorded in broccoli + soy sauce (128.5N), broccoli juice (151.1N), soy sauce (166.8N) , and control (187.5N), respectively during cold storage.	
Turkey breast meat -(black carrot juice, black mulberry juice, black grape and pomegranate juice, mixed vegetable juice for 24 and 48 hours)	Moisture content of the samples marinated for 24 hours and cooked varied between 58.85 and 70.51%, with the control sample presenting the moisture highest value. The samples marinated in red grape juice for 48 hours had the highest cooking loss (49.11%), while the lowest cooking loss was recorded in the samples marinated in black carrot juice (40.61%). The phenolic content of the samples marinated for 24 hours (250.12-1354.76 mg ga/L) was higher than those marinated for 48 hours (210.56-1156.43 mg ga/L). Reduced hardness values were obtained in turkey breast meat marinated in pomegranate (1.36 kg) and red grape (0.86 kg) juices. Marination for 48 hours promoted better sensorial properties than marination for 24 hours.	(Gök and Bor, 2016)
Chicken breast meat -Citric acid (0.5%) - Lemon juice (100%) -Grapefruit juice (100%)	The *L**, *b** and chroma values of chicken breast meats marinated with all marinades increased significantly. Lemon juices gave rise to a partial deterioration in muscle fibres and irregular muscle fibres, some fibres were broken and separated from each other. The lowest hardness value was established in the lemon juices group from texture analysis. In the sensory analysis, marinated samples generally received higher scores from panellists compared with the control.	(Unal et al., 2021)
Pork loin -Sour cherry -Plum juices	A significant decrease in pH, moisture content and water-holding capacity of raw meat due to fruit juice marination, resulting in marination losses and higher cooking losses compared with the control and brine-marinated samples. During cold storage, marination with sour cherry and plum juices was found to slow down the increase in TBARS values and ammonia content and the decrease in all meat sensory scores.	(Nour et al., 2022)
Chicken breast, drumstick and thigh meats -Pineapple fruit juice	With increasing marination time, there was a decrease in pH and water holding capacity values and an increase in cooking loss values. Marination treatment with pineapple fruit juice significantly affected the textural measurement of all the meat muscles compared with the control group. Razor shear force and shear energy were lower when marination was performed for 160 min. Colour analyses showed that marination for 80 min resulted in significantly increased *L**, *a** and *b** values. The samples marinated for longer times were most preferable, according to the tenderness scores assigned by the panellists.	(Kadıoğlu et al., 2019)

Marination & Meat type	Results	References
Chicken breast and leg meats -Red beetroot juice	Sensory scores declined significantly during refrigerated storage. On the 12th day of storage, control breast and leg meat cuts had acceptability scores of around 5.0, whereas all other treatments had acceptability scores between 6.0 and 7.0 on an eight-point scale, with red beetroot juice products having the highest acceptability.	(Singh et al., 2019)
Pork belly -Black currant juice	The pH of pork belly marinated with black currant juice was significantly lower than that of raw pork belly during storage. Black currant juice can be regarded as a natural additive for improving meat quality by preventing increased pH, volatile basic nitrogen, bacterial spoilage, and inhibiting biogenic amines formation during refrigerated storage.	(Cho et al., 2021)
Beef (*Longissimus dorsi*) -Onion juice	Marination in onion juice was found to reduce the lipid oxidation level of beef and increase the general liking score in the sensorial evaluation. Onion juice can be used as a natural marinade for the traditional marination of beef.	(Demir et al., 2022)

CONCLUSION

In conclusion, the sensory parameters of the marinated meat samples were found to be higher than the non-marinated control sample, and it was observed that the sensory properties of the meat samples were improved and the overall acceptability increased when the meat samples were marinated. Marinating with fruit and vegetable juices improved the textural properties of the meat, resulting in higher antioxidant activity and phenolic compounds.

REFERENCES

Rupasinghe, R. A., Alahakoon, A. U., Alakolanga, A. W., Jayasena, D. D., & Jo, C. (2022). Oxidative stability of vacuum-packed chicken wings marinated with fruit juices during frozen storage. *Food Science of Animal Resources*, *42*(1), 61.

Gök, V., & Bor, Y. (2016). Effect of marination with fruit and vegetable juice on the some quality characteristics of turkey breast meat. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *18*, 481-488.

Nour, V. (2022). Effect of Sour Cherry or Plum Juice Marinades on Quality Characteristics and Oxidative Stability of Pork Loin. *Foods*, *11*(8), 1088.

Unal, K., Alagöz, E., Çelik, İ., & Sarıçoban, C. (2022). Marination with citric acid, lemon, and grapefruit affects the sensory, textural, and microstructure characteristics of poultry meat. *British Poultry Science*, *63*(1), 31-38.

Yusop, S. M., O'Sullivan, M. G., Preuß, M., Weber, H., Kerry, J. F., & Kerry, J. P. (2012). Assessment of nanoparticle paprika oleoresin on marinating performance and sensory acceptance of poultry meat. *LWT-Food Science and Technology*, *46*(1), 349-355.

Vlahova-Vangelova, D., & Dragoev, S. (2014). Marination: Effect on meat safety and human health. A review. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *20*(3), 503-509.

Erge, A., K. CIN, and E. SEKER. 2018. "The Use of Plum and Apple Juice at Chicken Meat Marination." *GIDA-Journal of Food* 43 (6): 1040–1052. doi:10.15237/gida.GD18063.

Kadıoğlu, P., Karakaya, M., Unal, K., & Babaoğlu, A. S. (2019). Technological and textural properties of spent chicken breast, drumstick and thigh meats as affected by marinating with pineapple fruit juice. *British poultry science*, *60*(4), 381-387.

Demir, H., Celik, S., & Sezer, Y. C. (2022). Effect of ultrasonication and vacuum impregnation pretreatments on the quality of beef marinated in onion juice a natural meat tenderizer. *Food Science and Technology International*, *28*(4), 340-352.

Meneses, R., & Teixeira, P. (2022). Marination as a Hurdle to Microbial Pathogens and Spoilers in Poultry Meat Products: A Brief Review. *Applied Sciences*, *12*(22), 11774.

Latoch, A. (2020). Effect of meat marinating in kefir, yoghurt and buttermilk on the texture and color of pork steaks cooked sous-vide. *Annals of Agricultural Sciences*, *65*(2), 129-136.

Kim, H., & Chin, K. B. (2021). Effects of different drying methods on antioxidant activities of Cudrania Tricuspidata fruit powder and its effects on the product quality of marinated chicken breast. *Journal of Food Processing and Preservation*, *45*(10), e15830.

Al-Dalali, S., Li, C., & Xu, B. (2022). Evaluation of the effect of marination in different seasoning recipes on the flavor profile of roasted beef meat via chemical and sensory analysis. *Journal of Food Biochemistry*, *46*(6), e13962.

Mirhaj, F., Baghaei, H., & Emadzadeh, B. Marinating beefsteak with soy sauce and broccoli (Brassica oleracea var. italica) juice and its effects on physicochemical properties and quality of meat during aging. *Preservation*, *13*(3), 37-54.

Singh, P., Yadav, S., Pathera, A., & Sharma, D. (2019). Effect of vacuum tumbling and red beetroot juice incorporation on quality characteristics of marinated chicken breast and leg meats. *Nutrition & Food Science*.

Cho, J., Kim, H. J., Kwon, J. S., Kim, H. J., & Jang, A. (2021). Effect of marination with black currant juice on the formation of biogenic amines in pork belly during refrigerated storage. *Food Science of Animal Resources*, *41*(5), 763.

Song, H. P., Kim, D. H., Jo, C., Lee, C. H., Kim, K. S., & Byun, M. W. (2006). Effect of gamma irradiation on the microbiological quality and antioxidant activity of fresh vegetable juice. *Food microbiology*, *23*(4), 372-378.

Presentation ID / Sunum No: 73

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6569-1899

Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Hidroponik Yetiştiriciliği

Araştırmacı Zeynep Adıyaman[1], Prof.Dr. Özlem Tonçer[1]
[1] Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı
Sorumlu Yazar: zynp.adiymn@gmail.com

*Corresponding author: Zeynep Adıyaman

Özet: *Tıbbi ve aromatik bitkilerin yetiştiriciliğine olan ilgi her geçen gün artarak devam etmektedir. Bu bitkilerin üretiminde maksimum verim alınabilmesi için yetiştiricilik ilkelerinin tam anlamıyla yerine getirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda çoğunlukla doğadan toplanan bitkilerin türlerinin devamı ve kalitesinin korunması hasadın kontrollü gerçekleştirilmesine bağlıdır. Ayrıca tıbbi ve aromatik bitkilerin yetiştiriciliğinde genetik ve fenotipik değişikliklerle bağlantılı olan etken madde değişimini kontrol edebilmeye olanak sağlayan sistemlerin popüler hale gelmesi de beklenmektedir. Bu bağlamda, tıbbi ve aromatik bitkilerin yetiştiriciliğinin alternatif tarım yöntemi olan, çağın gelişmiş teknolojisine ayak uyduran zamandan ve mekandan tasarruf sağlayabileceğimiz hidroponik sistemlerin verim ve ürün kalitesi açısından yapılabilirliğini ortaya koyan çalışmalara değinilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler, Hidroponik Sistem*

Hydroponic Cultivation Of Medicinal And Aromatic Plants

Abstract

The interest in the cultivation of medicinal and aromatic plants continues to increase day by day. In order to obtain maximum and efficiency in the production of these plants, the firsts of aquaculture must be fully fulfilled. At the same time, the continuation of the species and the protection of the quality of the plants collected from nature mostly depend on the controlled harvesting. In addition, it is expected that systems that allow to control the change of active substance associated with genetic and phenotypic changes in the cultivation of medicinal and aromatic plants will become popular. In this sense, studies that reveal the feasibility of hydroponic systems, which are an alternative farming method for the cultivation of medicinal and aromatic plants, keeping up with the advanced technology of the age, and which can save time and space, in terms of yield and product quality are mentioned.

Keywords*: Medicinal and aromatic plants, hydroponic system*

Giriş

Tarih boyunca insanlar besin elde etme, barınma, ısınma, kendini koruma, hissettiği duyguları dışa vurma, yaraları ve hastalıkları iyileştirmek için bitkilerden faydalanmışlardır ve halen de faydalanmaya devam etmektedirler. Zaman geçtikçe insanların ihtiyaçları yoğunluk göstermeye başlamış ve tıp biliminin gelişmesiyle birlikte de etken maddelerin iyileştirici özelliklerinden faydalanmak için tıbbi ve aromatik bitkilerin yetiştiriciliği artmıştır.

Ancak tıbbi bitkilerin tanımını tam olarak yapmak mümkün değildir. Günümüzde "tıbbi" ve "aromatik" bitkiler terimi genellikle birlikte kullanılmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler, hastalıkları önlemek, sağlığı sürdürmek veya hastalıkları iyileştirmek için ilaç olarak kullanılan bitkilerdir. Tıbbi bitkilerin drog adı verilen kurutularak, belirli ölçüde hazırlanmış biyoaktif bitki kısımlarından yararlanılmaktadır. Tıbbi bitkiler, beslenme, kozmetik, vücut bakımı, tütsü veya dini törenler gibi alanlarda yer alırken, aromatik bitkiler ise, güzel koku ve tat vermeleri için kullanılmaktadır (Kösa ve Güral, 2019).

Tıbbi ve aromatik bitkiler denildiğinde bitkiler, hem etken madde yönünden hem de tüketim alanları bakımından oldukça geniş bir alanı kapsamaktadır. Bu nedenle standart bir gruplandırması bulunmasa da familyalarına, içerdikleri etken maddelere, tüketim ve kullanımlarına, yararlanılan organlarına ve farmakolojik etkilerine göre gruplandırılabilirler (Ceylan, 1995). En önemli aktif ilke grupları şunlardır: proteinler, glusitler, lipidler, aminolar, uçucu yağlar, saponinler, tanenler, reçineler, organik asitler, alkaloitler, bitkisel boyalar, mineral maddeler, glikozitler, pektinler ve vitaminler (Teleuta vd., 2008).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin toplanma ve hazırlanma işlemleri oldukça dikkatli yapılmalıdır. Genellikle bitkiler doğadan toplama yoluyla elde edilmektedir. Bilinçsizce yapılan toplamalarda bitki türlerinde ciddi anlamda kayıplar oluşmaktadır, bunu en aza indirgeyebilmek adına insanlar bilinçlendirilmeli ve türleri tehlikede olan bitkileri kültüre alıp çoğaltım yoluna gidilmelidir. Toplama sonrası kurutma işlemleri uygun koşullarda yapılmalı, bitkilerin kullanım dozu yeterli

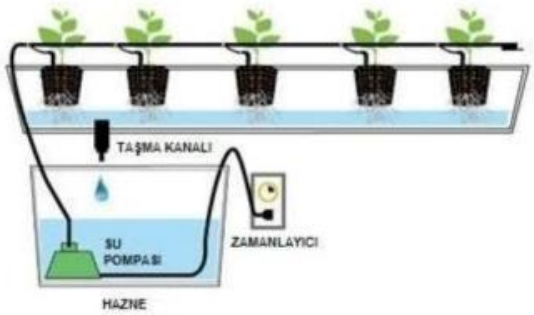
miktarda ayarlanmalıdır (Göktaş ve Gıdık, 2019). Aksi halde bitkiler bozulabilir ve mikotoksin üretiminden sorumlu olabilecek çeşitli mantarlar tarafından kontaminasyona maruz kalabilir. Tıbbi bitkilerin artan tüketimi, bu doğal ürünlerin kullanımı, etkinliği, toksisitesi ve kalitesinin etkin bir şekilde denetlenmemesi nedeniyle kullanımlarını bir halk sağlığı sorunu haline getirmiştir (Ashiq vd., 2014). Kontrollü ortamların kullanımı, yetiştirme zorluklarının üstesinden gelebilir ve biyoaktif bileşikler ve toksinlerdeki fenotipik varyasyonu manipüle etmenin bir yolu olabilir (Canter vd., 2005).

Dolayısıyla tıbbi bitkilerin kültüre alınması önem arz etmektedir. Öncelikle kültürü almanın zaman ve mekan bakımından tek bir proses olmadığı kültüre alınacak her bir tür için ayrı bir strateji gerektiği ve bu işlemin doğal bitkilerin tohum veya çeliklerin alınarak tarlaya çalışma şeklinde basit bir işlem olmadığı çok iyi bilinmelidir. Doğal alanlar kültürü yapılacak bitkinin iklim ve toprak işlemleri, adaptasyon yeteneği hakkında, bitkilerin incelenmesi ise bitkinin hayat devresi, çimlenme süresi, filizlenme, çiçeklenme, üreme biyolojisi, olgunlaşma dönemleri hakkında ön bilgi edinmemizi sağlar. Bu bilgiler ışığında da kültür alma çalışmalarına yön verilmektedir (Arslan vd., 2015).

Kültüre alma sürecinde birçok alternatif tarım yöntemi bulunmakla birlikte hidroponik kültür, günümüzün tarım endüstrisinde muhtemelen en yoğun yönelinen bitki üretim yöntemidir (Jensen, 2001).

Yüksek kaliteli bitkilerin sürekli ve garantili bir şekilde tedarik edilmesini sağlamak için, korunan çevre koşulları altında yetiştirme önerilmektedir. Gerçekten de, seraların kullanımı, düşük maliyetli ithalatlara kıyasla üstün kalitede bir ürün sağlarken, daha uzun süre ürün almaya da yol açabilir. Birçok tıbbi ve aromatik bitki türünün taze tüketildiğinde katma değer sağladığı da bildirilmiştir (Al-Karaki ve Othman, 2009). Bu bakış açısıyla, topraksız tarım, korunan ortamlarda daha kesin bir tarım konseptinde su ve besin kullanım verimliliğini artırarak verim ve kaliteyi artırmak için kullanılabilir (Sonneveld ve Voogt, 2009).

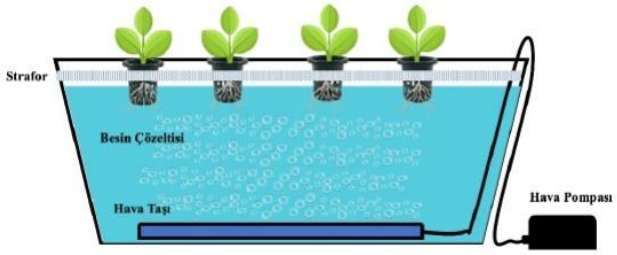
Hidroponik sistem, toprak kullanmadan yerden tasarruf sağlamak için besinli su kullanan ve bitkilerin topraktaki kimyasallardan kirlenmeden yetiştiği bir üretim yöntemidir. Hidroponik sistem bir dizi yenilikçi tekniğe sahiptir; besin film tekniği, derin akış tekniği, dinamik kök yüzdürme tekniği bunlardan bazılarıdır (Kularbphettong vd., 2019). Bu farklı sistemler günümüzde ev tipi ya da profesyonel olarak kullanılabilen hidroponik sistem çeşitleridir.



Şekil 1: Hidroponik Sistem (Bingöl, 2019)

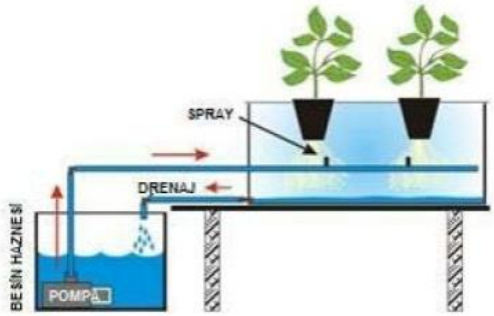
Kullanıma başlarken seçilecek teknikte; alan ve diğer mevcut kaynaklar, beklenen üretkenlik, uygun yetiştirme ortamının mevcudiyeti, ürünün beklenen kalitesi (renk, görünüm) gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Sardare ve Ammane, 2019).

Derin su kültürü, ticari amaçlar için önerilen ilk hidroponik yöntemdir. Sistem besin solüsyonu ile doldurulmuş, üzeri ağ ile kapatılmış bir kova ve bitkileri desteklemek için üzerine ince bir kum tabakası (1 cm) yerleştirilmiş bir bezden oluşur ve bu sistemde kökler besin çözeltisi içinde süspanse edilir (Savvas vd, 2013).



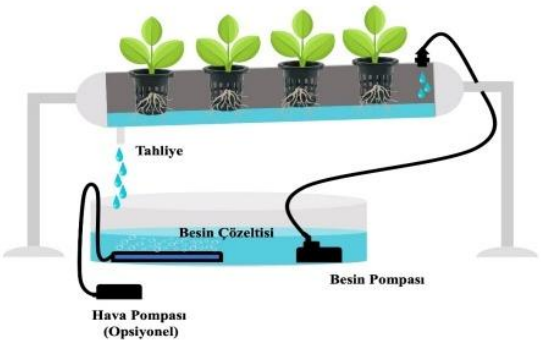
Şekil 2: Derin su kültürü (Yılmaz vd., 2022)

Yüzen su kültüründe bitkiler besin solüsyonu ile doldurulmuş tanklarda yüzen tepsilerde yetiştirilir. Günümüzde teknik esas olarak taze kesilmiş yapraklı sebzelerin (marul, hindiba, roka, kuzu marulu vb.) ve aromatiklerin (fesleğen, nane, kekik vb.) yetiştirilmesi için benimsenmiştir. Düşük kurulum ve yönetim maliyetleri ve besin çözeltisinin izlenmesi ve ayarlanması için gereken küçük otomasyon nedeniyle sistem ilgi çekici görünmektedir (Savvas vd, 2013).
Topraksız yetiştirme yöntemleri, yalnızca farklı substratlar tarafından değil, aynı zamanda besinin bitkiye iletilme şekliyle de farklılıklar gösterir. Aeroponik sistem, bitkilerin strafor panellerdeki deliklere sabitlendiği ve köklerinin panelin altında havada asılı kaldığı bir bitki yetiştirme yöntemidir. Aeroponik kültürü genellikle korumalı yapılarda uygulanır ve marul, ıspanak gibi düşük yapraklı sebzeler için uygundur (Khan, 2018). En yeni teknolojilerden biri olan aeroponik sistemin işleyişi bir sis şeklinde köklere püskürtülen suyla yetiştirme şeklidir. Bu şekilde bitki büyümeleri ve gelişmeleri için gerekli besin miktarını ve bol oksijeni alır (Giurgiu vd., 2014).



Şekil 3: Aeroponik sistem (Bingöl, 2019)

En popüler olan hidroponik sistemlerden biri ise besin maddelerinin bir yetiştirme tepsisi üzerinde sürekli olarak dolaştırıldığı kapalı bir sistem olan NFT'dir (besleyici film tekniği). Kökler, besin çözeltisinde saksılardan büyüyor ve doğrudan çözeltiden besleniyor. Bu sistem yakın bir denetime ihtiyaç duyar, pH ve besin maddeleri için düzenli bir kontrol sağlanır. Bu teknolojiye dair daha önce yapılmış araştırmalarda gösterilen sonuçlar, gelecek için büyük umutlar gösterdiğidir (Giurgiu vd., 2014).



Şekil 4: NFT (Besin film tekniği) (Yılmaz vd., 2022)

Aslında hidroponik sistem yeni keşfedilmiş bir sistem değildir. Yüzyıllar boyunca bitkilerin nasıl büyüdüğünü merak eden antik düşünürler bitkilerin besinlerini topraktan aldıklarını ve bitkiler tarafından kullanılmak üzere toprakta bulunan "özel bir özsu" olarak adlandırma sonucuna varmışlardır. On altıncı yüzyılda Van Helmont, suyu bitkiler için tek besin maddesi olarak görüyordu. Bunu destelemek içinse yapmış olduğu bir çalışmada, dikkatlice tartılmış büyük bir toprak küvetinde bir söğüt yetiştiren Van Helmont, deneyin sonunda, deney süresi boyunca sadece 2 ons (1 ons 28,3495231 grama eşittir.) toprağın kaybolduğunu, söğüdün ise ağırlığının 5 ila 169 pound (1 pound 453,59237 grama eşittir.) arttığını gözlemlemiştir. Toprağa yalnızca su eklendiğinde, bitki büyümesinin yalnızca su tarafından üretildiği sonucuna varmıştır (Jones, 2014).

Van Helmont haricinde John Woodward da bitkilerin yetiştiriciliğinde suyun etkisini incelemek için on altıncı yüzyılda araştırmalar yapmıştır. Yapmış olduğu bir araştırmada, çeşitli su türlerinde nane yetiştirip ve suyun artan safsızlığıyla bitki büyümesinin arttığını gözlemlemiştir (Jones, 2014).

Jensen'in 1981 yılında hidroponik sisteme dair yaptığı çalışmada ulaştığı sonuçlarda elde ettiği avantajlar ve dezavantajlar günümüzde halen geçerliliğini sürdürmektedir. Bu avantajlar;
Uygun toprağın bulunmadığı veya toprağın hastalıkla kontamine olduğu yerlerde ekinlerin yetiştirilebildiğini
Toprak işleme, ekim, ilaçlama, sulama ve diğer geleneksel uygulamalar için harcanan emeği büyük ölçüde ortadan kaldırdığını
Maksimum verimin mümkün olduğunu, bunun da sistemi yüksek yoğunluklu ve pahalı arazi alanlarında ekonomik olarak uygulanabilir kıldığını
Toprak kaynaklı bitki hastalıklarının, kökünden sökülüp atılarak kapalı sistemlerde daha kolay arındırılabildiğini
Çevre daha eksiksiz, kontrollü ve genellikle sistemin bir özelliğidir (yani kök ortamı, zamanında besin beslemesi veya sulama) ve sera tipi işlemlerde ışık, sıcaklık, nem ve havanın bileşimi manipüle edilip düzenlenebilir olduğunu,
Çözünürlüğü yüksek tuzlar taşıyan su, aşırı dikkatle kullanılabilir. Su kaynağındaki çözünür tuz konsantrasyonları 500 ppm'nin üzerindeyse, tuz birikimlerini azaltmak için yetiştirme ortamının sık sık yıkanmasına özen gösterilirse açık bir hidroponik sistem kullanılabileceğini,
Amatör bahçıvan, yüksek binalarda bile ev ve teras tipi bahçelere hidroponik bir sistem uyarlanabilir. Hidroponik sistemin temiz, hafif ve mekanize olabildiğini bildirmiştir (Jensen, 1981).
Jensen hidroponik sistemin avantajların yanı sıra,
Dönüm başına orijinal inşaat maliyetinin fazla olması,
Eğitimli personellerin operasyonu yönlendirmesi gerektiğini, bitkilerin nasıl büyüdüğü ve beslenme ilkelerinin bilinmesinin önemli olduğunu,
Geleneksel yetiştirme koşullarına adapte olmuş bitki çeşitleri için araştırma ve geliştirme gerektiğinin
Bitkinin iyi veya kötü beslenmeye tepkisinin oldukça hızlı olduğu için yetiştiricinin bitkileri her gün gözlemlemesi gibi dezavantajlarının da olduğu bilgisini aktarmıştır (Jensen, 1981).
Wignarajah'a göre bitki yetiştirmede hidroponik sistemin avantajları;
Tedarik edilen tüm besin maddelerinin bitki tarafından kolaylıkla temin edilebilmesi
Besin maddesinin daha düşük konsantrasyonlarının kullanılabilir olması
Optimal besin alımını sağlamak için besin çözeltisinin pH'ının kontrol edilebilirliği
Toprak yıkamasından dolayı besin kaybının olmamasıdır.
Dezavantajıysa; besin çözeltisinin O_2 gerilimindeki herhangi bir düşüş iyon alımını engelleyen anoksik bir durum yaratabilir. Wignarajah'ın tavsiyesi, köklere hazır bir O_2 kaynağı sağladığı ve dolayısıyla asla anoksik hale gelmediği için bu sorunu yalnızca aeroponiklerin çözmesidir (Wignarajah, 1995).

Materyal ve Metod

Bu derlemenin hazırlanmasında kullanılan materyaller, tıbbi ve aromatik bitkiler, hidroponik sistemler konusunda kitaplar, bilimsel makaleler, tezler ve diğer çalışmalardır. Bildirilerin seçimi, dokümantasyon için değerli olduğu düşünülen içeriğe ilişkin bilgiler göz önünde bulundurularak yapılmıştır.
Makale konuların kategorisine göre aşamalar halinde yapıldı. Bu nedenle tıbbi ve aromatik bitkiler, geleneksel yöntemlerle yetiştirilmesi incelenen ilk ilgi noktası oldu.
Ardından ikinci aşamanın konusu hidroponik sistem üzerine gerçekleştirildi. Bu topraksız sistemlerin teknolojileri, malzemeleri ve kullanımları bitki yetiştiriciliğinde hidroponik sistemin avantajları ve dezavantajları analiz edilmiştir.
Öncelikli olan bu iki aşama tamamlandıktan sonra son olarak, tıbbi ve aromatik bitkiler üzerinde hidroponik kültürler konusuna geçildi. İlk aşamada incelenen bitkiler, hidroponik kültürlerde yetiştirilmeleri ile ilgili kitap, tezler ve bilimsel makalelerde araştırılmıştır. Ayrıca birkaç türle ilgili incelenen makalelere de yer verilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Tıbbi bitkilerin topraksız ekimi, yetiştiricinin gerçekleştirebileceği kontrollerle daha yüksek biyoaktif madde konsantrasyonlarıyla sonuç verebilir. Kontrollü ortam, bitkiden fenotipik varyasyonun ve önemli bileşiklerin ana üretimine imkân verir. Hedefler, biyoaktif maddelerin potansiyelini artırmak, toksinleri azaltmak, tek tip ve üstün bir ürün elde etmektir. Hedeflenen bileşikler genellikle, dikkatle izlenmesi gereken elektrik iletkenliği, pH ve nemden etkilenen sekonder metabolitlerdir (Canter vd., 2005).
Son otuz yılda, hidroponik kültür, dünyanın birçok yerinde sebzelerin ve bazı türlerin saksıların üretimi için ekonomik ve çevresel olarak uygun bir üretim şekli olmuştur. Tıbbi ve aromatik bitkilerin topraksız üretimi, tarım sistemlerinde, özellikle organik ve yoğun tarımda yeni bir trend olmaktadır. Yüksek verim, daha temiz ve sezon bağlı olmaksızın üretim, dengeli besin varlığı, yeterli havalandırma ve yüksek su kullanım verimliliği, hidroponik üretim sistemlerinin ana avantajları olarak tanımlanmıştır (Hassanpouraghdam vd., 2010).
Kapalı döngü topraksız tarımı karakterize eden, su ve besinlerin etkin kullanımı ile verim ve kaliteyi iyileştiren üretim şekli tarım sektörünün dikkatini çekmektedir. Kullanılan tohumluk ve bitki besleme kaliteyi oluşturan parametrelerin tanımlanmasında önemli faktörler arasında sayılmaktadır. Genotip seçimi ürünün nihai hedefi tarafından belirlenirken, bitki besleme kontrolünü hassas bir şekilde yapan hidroponik sistemler geleneksel (tarla tarımı şeklinde) üretime nazaran pek çok avantaj sunmaktadır. Yapılan bir araştırmada yüzen sistemde yetiştirilen fesleğenin toprakta yetiştirilenlere nazaran 7 kat daha fazla verim sağladığı bildirilmiştir (Ciriello vd., (2020).
Giurgiu R.M. vd.nin (2015), yaptığı bir çalışma tıbbi bitkilerin farklı hidroponik ve aeroponik sistemlerde yetiştirilebileceğini ve önemli ölçüde daha yüksek verime sahip olduğunu, hasadının da aynı çevre koşullarında toprakta yetiştirilen bitkilerden daha erken gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir. Son yıllarda restoran ya da yemek hizmeti veren yerlerde sebze olarak değerlendirilebilecek tıbbi ve aromatik bitkilerde kolay ve hızlı bulunabilir taze tüketilen otların ne miktarda kullanılabileceğinin tahmin edilmesinin zor olduğu koşullarda tesislerin hidroponik üretime yatırım yaptığı bildirilmiştir. Ayrıca bu sistem gibi kontrollü ortamlarda yetişen bitkilerin geleneksel yöntemle yetiştirilenlere göre daha yüksek konsantrasyonlarda sekonder metabolit içerebildiğini ortaya koyan araştırmalar mevcuttur (Zheng vd, 2006; Filep vd, 2016).
Pedneault K. vd.de (2000) tarla koşullarında ve hidroponik sistemde yapmış oldukları çalışmalarında karahindiba (*T. officinale*), civanperçemi (*A. millefolium*), gümüş düğme (*T. parthenium*) ve andız otu (*I. helenium*) bitkilerinden elde ettikleri sonuçlarla hidroponik sistemle yetiştiriciliğin daha erken hasat sonucu verdiğini desteklemişlerdir.
Walters ve Currey (2015), besleyici film tekniği (NFT) ve derin akış tekniği (DFT) olmak üzere 3 hafta boyunca iki farklı hidroponik sistemde farklı fesleğen çeşitlerinin verimlerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlarda DFT sistemlerinde yetiştirilen bitkilerin taze ağırlığının,

NFT sistemlerinde yetiştirilen bitkilere kıyasla 2.6 g daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır. Çalışmada kullanılan fesleğen çeşitlerinden fesleğen (*O. basilicum*), kutsal fesleğen (*O. tenuiflorum*) ve limon fesleğeninde (*O. citriodorum*) taze ağırlığın çalı fesleğene (*O. basilicum var. minimum*), tarçın kokulu fesleğene (*O. basilicum*) ve tay fesleğenine (*O. basilicum var. thyrisiflorum*) oranla daha yüksek seviyede olduğunu tespit etmişlerdir. Walter ve Currey araştırmalarının sonucunda hidroponik sistemde fesleğen üreteceklerin fesleğen çeşitlerini aroma ve verime göre seçmeleri gerektiği sonucuna varmışlardır.

Mairapetyan ve ark.(2016), farklı hidroponik sistemlerde (silindirik sistem, akan su kültürü) ve toprak kültüründe gerçekleştirilen yetiştiriciliklerin nane (*Mentha piperita*) ve fesleğen (*Ocimum basilicum*) bitkilerinin kuru hammadde ağırlıklarına ve sekonder metabolitlerine etkilerini incelemişlerdir. Gerçekleştirilen çalışmada hidroponik sistemde yetiştirilen bitkilerin kuru hammaddesinde (1.2-2.9 kat) yüksek verime ve sekonder metabolitlerinde de (1.6-3.1 kat) yüksek sonuç elde edildiğini çalışma sonuçlarında belirtmişlerdir.

Maggio vd. (2006), çalışmalarını iki farklı fesleğen (*Ocimum basilicum*) genotipini (Genovese ve Napoletano) kullanarak hidroponik sistemde farklı bitki yoğunluğu (100-66 bitki/m^2) , iki farklı besin çözeltisi (tek güçlü Hoagland ve çift güçlü Hoagland) ve iki farklı ışık yoğunluğunda (%0 kontrol ve %50 gölgeleme) gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda besin çözeltisinin verime etkisinin olmadığını, yüksek bitki yoğunluğunun toplam verimi arttırdığı kullanılan genotiplerden Napoletano'dan daha yüksek verim elde edildiğini gözlemlemişlerdir.

Kiferle vd. (2011), gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında in vitro yetiştiriciliğin ve hidroponik sistemde yetiştiriciliğin fesleğen (*Ocimum basilicum*) bitkisinin rosmarinik asit (RA) bileşenine etkisini incelemişlerdir. Ayrıca araştırmada kullanılan iki farklı yeşil yapraklı (Genovese and Superbo) ve mor yapraklı (Dark Opal) genotiplere 6-benzylaminopurine (BA)'nın etkisi de incelenilmiştir. Elde ettikleri verileri incelediklerinde en yüksek RA konsantrasyonları in vitro çoğaltma sırasında iklime alıştırılmış bitkilerde ve hidroponik olarak yetiştirilen fidelerin köklerinde tam çiçeklenme döneminde gözlenmiştir. Ve in vitro çoğaltımda kullanılan BA'nın mor yapraklı Dark Opal çeşidinin RA birikimini azalttığı, yeşil yapraklı genotiplerdeyse RA birikimini artırdığı sonucuna varmışlardır.

Genellikle açık alanlarda geleneksel yöntemlerle yetiştirilen tıbbi ve aromatik bitkilerde hem verim hem de sekonder maddelerin üretiminde yıldan yıla farklılıklar görülebilmektedir. Hidroponik yetiştiricilik ile kontrollü yetiştirme ve besin solüsyonlarının manipülasyonu ile yüksek kalite ürün temin edilebilir. Nitekim ekinezya (*Echinacea angustifolia*) ve fesleğen (*Ocimum basilicum L.*) ile yapılan bir çalışma bu türlerin iki ya da dört ay gibi bir sürede yüksek biyokütle verimine ulaştığını ancak ekinezya'da yüksek verimin yüksek kafeik ait türevleri ile ilgili olmadığını, bunun aksine fesleğende yeterli rosmarinik asit birikimi sağlandığını bildirmektedir. Yapraklara nazaran daha yüksek rosmarinik asit içeren fesleğen bitkisinin kök sisteminin hasat edilebilecek olması da ek bir avantaj olarak bildirilmiştir (Maggini vd, 2012).

Fesleğen (*Ocimum basilicum L.*) uçucu yağının hidroponik yetiştirme koşullarında kalitesi ve verimini değerlendiren diğer bir çalışmada, fesleğenin tarla koşullarında yetiştiriciliği yapılan ve ticari olarak önemli bir tıbbi ve aromatik bitki olduğu vurgulanmıştır. Tür potansiyelinin büyük olduğu göz önüne alındığında, açık hidroponik üretim sisteminde dengeli bir besin çözeltisinin kullanımıyla yapılan kontrollü üretimin, yıl boyunca arzı kolaylaştıran yoğun bir üretim alternatifi olabilmesi mümkün görünmektedir (Guerrero-Lagunes vd., 2020).

Hidroponik tarım, tuzlu toprakta ekime karşı hafifletici bir teknoloji olarak bu sisteme ayrı bir değer katmaktadır. Soares ve ark. (2007), suyun fazlalığı göz önüne alındığında, bu sistemde bitkilerin tuzluluğa tepkilerinin toprakta elde edilen tepkilerden daha iyi olabileceğini vurgulamaktadır.

Wei vd (2018), farmasötik özelliği olan seskiterpenler açısından zengin, *Ligularia fischeri* bitkisinde hidroponik yetiştiricilik ile sekonder metabolit mekanizmasını istenilen yönde kontrol ederek bitkinin tıbbi değerini geliştirmek adına hidroponik teknolojinin uygulanmasının yaygın olduğunu vurgulamaktadır. Hidroponiğin avantajları arasında, aynı bitki materyalinin kontrollü ortamda yıl boyunca yetiştirilmesi, bitkinin sahip olduğu fenolik bileşikler ve antioksidan kapasitelerinin geliştirilebileceğine dikkat çekilmektedir.

Souret (2000), safran (*Crocus sativus L.*) bitkisinin üretiminde ve bileşenlerinin değişiminde aeroponik, hidroponik ve toprak olan üç farklı yetiştiricilik ortamını karşılaştırdığı çalışmasında, toprakta yetiştiriciliğe nazaran kuru ağırlığın hidroponik ve aeroponik yetiştiricilikte arttığını bildirmiştir. Kök uzunluğu topraktaki yetişenlerde daha yüksek olurken, çiçeklenmenin her üç yetiştirme ortamında da az olduğunu ancak bunun çoğaltmada kullanılan tohumluk soğanlardan kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Safran üretim miktarı ve bileşenlerinin her üç sistemde de benzer olduğunu, aeroponik ve hidroponik yetiştiriciliğin daha pratik bir yöntem olduğunu ve safrandan izole edilen farmakolojik bileşenlerin yenilenebilir bir kaynak olarak kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Bulgari vd. (2017), Mikro yeşilliklerin, son birkaç yılda yeni bir mutfak trendi olarak popülerlik kazanan bir salata ürünü kategorisi olduğunu ifade ederken, hassas kotiledonlarla tüketilen sebzeler olarak ilk yaprak çiftlerinin az ya da çok geliştiğini belirtmişlerdir. Hasatta, bitki boyunun türe bağlı olarak 2.5 ila 8 cm arasında değiştiğini, çok kısa büyüme döngüleriyle (genellikle bitkilerin ortaya çıkmasından 10-20 gün sonra) çoğunlukla hidroponik veya yarı-hidroponik olarak üretildiklerini, ancak gübreleme dahil kültürel uygulamaların henüz standardize edilmediğini ve mineral gereksinimlerinin bile bilinmediğini bildirmişlerdir. Araştırıcılar, bu bağlamda, hidroponik sistemde yetiştirilen fesleğen, pazı ve roka gibi mikro yeşilliklerinin verim ve kalitesinin inceledikleri çalışmalarında, hidroponik olarak yetiştirilen ancak yetişkin aşamasında hasat edilen aynı türler için literatürde bildirilen verilere referansla, bu mikro yeşilliklerin, daha düşük kuru madde yüzdesi, ancak daha yüksek sürgün/kök oranına sahip olduğu bildirmiştir. Nitrat içeriği, genellikle aynı türden genç yaprak veya yetişkin sebzelerde ve klorofil, karotenoid, fenol ve şeker konsantrasyonunda ölçülen değerle karşılaştırıldığında daha düşük olarak saptanmıştır. Bu nedenle, taze sebze olarak kullanım trendi giderek artan mikro yeşillikler, düşük gübre girdisi gerektiren ilginç ve yenilikçi düşük nitratlı salata bitkileri olarak görünmektedir.

Sonuç

Geçmişten günümüze kadar toprak genelde bitki için en iyi yetiştirme ortamı olarak düşünülmüştür. İstenen verimi elde edebilmek için topraktaki besine, havaya ve suya ihtiyaç duyulduğu kaçınılmaz bir gerçektir. Ancak tükenen imkânlar, artan kentleşme insanoğlunu alternatif tarım yöntemlerine yönelime teşvik etmiştir. Bu arayışlar sonunda ortaya çıkan hidroponik sistemin, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besini sağlayabildiği keşfedilmiştir. Farklı tipleri bulunan bu sistemi bitki ihtiyacına göre zenginleştirebilmenin yanı sıra temiz ve hassas üretim ortamı oluşturulması içeriği oldukça zengin olan tıbbi ve aromatik bitkiler için de tercih edilebilecek bir sistem olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda yapılmış çalışmalarda elde edilmiş veriler de bu durumu destekler niteliktedir. Araştırmalar sistemin, tıbbi ve aromatik bitkilerin hasadı esnasındaki kayıpları aza indirgediği gibi ürün kalitesi, verim ve ürünlerin erken hasada gelişiyle de fayda sağlayacağını göstermektedir.

Kaynaklar

AL-KARAKİ, G.N., OTHMAN, Y. (2009). “Soilless Cultivation Of Some Medicinal And Aromatic Herb Plants Under The Conditions of Arabian Gulf Region”, Emir. J. Food. Agric. 21 (2), 64–70.

ARSLAN, N., BAYDAR, H., KIZIL, S., KARIK, Ü., ŞEKEROĞLU, N., ve GÜMÜŞÇÜ, A. (2015). “Tıbbi Aromatik Bitkiler Üretiminde Değişimler Ve Yeni Arayışlar”, Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, 12, 16.

ASHIQ, S., HUSSAIN, M., and AHMAD, B. (2014). “Natural Occurrence Of Mycotoxins in Medicinal Plants: A Review”, Fungal Genetics and Biology, 66, 1-10.

BİNGÖL, B. (2019). Alternatif Tarım Yöntemleri; Aeroponik, Akuaponik, Hidroponik. Harman Time Dergisi, Aralık/2019, 7(82), 34-42, ISSN: 2147-6004.

BULGARI, R., BALDI, A., FERRANTE, A. and LENZI, A. (2017). Yield And Quality Of Basil, Swiss Chard, And Rocket Microgreens Grown in A Hydroponic System. New Zealand Journal Of Crop And Horticultural Science, 45(2), 119-129.
CANTER, P. H., THOMAS, H., and ERNST, E. (2005). "Bringing Medicinal Plants İnto Cultivation:Opportunities and Challenges For Biotechnology", Trends in Biotechnology, 23(4), 180-185.
CEYLAN, A.(1995). Tıbbi Bitkiler I. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları (III. Basım) No:312, Bornova/İzmir
CIRIELLO, M., PANNICO, A., EL-NAKHEL, C., FORMISANO, L., CRISTOFANO, F., DURI, L. G. and ROUPHAEL, Y. (2020). "Sweet Basil Functional Quality As Shaped By Genotype And Macronutrient Concentration Reciprocal Action", Plants, *9*(12), 1786.
FİLEP, R.M., DIACONSECU, S., COSTACHE, M., STAVRESCU-BEDİVAN, M.M., BADULESCU, L., NICOLAE, C.G.,(2016). "Pilot Aquaponic Growing System Of Carp (*Cyprinus carpio*) and Basil (*Ocimum basilicum*)", Agric. Sci. Procedia, 10: 255-260.
SOURET, F. F., and WEATHERS, P. J. (2000). "The Growth Of Saffron (*Crocus sativus L.*) in Aeroponics and Hydroponics", Journal Of Herbs Spices and Medicinal Plants, 7(3), 25-35.
GIURGIU, R. M., MORAR, G. A., DUMITRAŞ, A., BOANCĂ, P., DUDA, B. M., and MOLDOVAN, C. (2014). "Study Regarding The Suitability Of Cultivating Medicinal Plants İn Hydroponic Systems In Controlled Environment", Research Journal Of Agricultural Science, 46(2).
GİURGİU, R. M., MORAR, G., DUMITRAŞ, A., VLĂSCEANU, G., DUNE, A., and SCHROEDER, F. G. (2015). "A Study Of The Cultivation Of Medicinal Plants in Hydroponic and Aeroponic Technologies in A Protected Environment", In International Symposium On New Technologies and Management for Greenhouses-Greensys2015 1170 (Pp. 671-678).
GÖKTAŞ, Ö., GIDIK, B. (2019). "Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları", Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(1), 145-151.
GUERRERO-LAGUNES, L. A., DEL MAR RUIZ-POSADAS, L., RODRIGUEZ-MENDOZA, M. D. L. N., and SOTO-HERNÁNDEZ, M. (2020). "Quality And Yield Of Basil (*Ocimum basilicum L.*) Essential Oil Under Hydroponic Cultivation", Agro Productividad, 13(9).
HASSANPOURAGHDAM, M. B., GOHARI, G. R., TABATABAEI, S. J., and DADPOUR, M. R. (2010). Inflorescence And Leaves Essential Oil Composition Of Hydroponically Grown *Ocimum Basilicum L*. Journal Of The Serbian Chemical Society, 75(10), 1361-1368.
JENSEN, M. H. (2001). Controlled Environment Agriculture İn Deserts, Tropics And Temperate Regions-A World Review. In International Symposium On Design And Environmental Control Of Tropical And Subtropical Greenhouses 578 (Pp. 19-25).
JENSEN, M. N. (1981). New Developments İn Hydroponic Systems, Descriptions, Operating Characteristics, Evaluations, Pp. 1–25. In Proceedings Hydroponic Where Is It Growing? Hydroponic Society Of America: Brentwood, CA.
JONES Jr, J. B. (2014). "Complete Guide For Growing Plants Hydroponically". Crc Press.
KHAN, F. A. (2018). "A Review On Hydroponic Greenhouse Cultivation For Sustainable Agriculture". International Journal Of Agriculture Environment And Food Sciences, 2(2), 59-66.
KİIFERLE, C., LUCCHESINI, M., MENSUALİ-SODI, A., MAGGINI, R., RAFFAELLI, A., and PARDOSSI, A. (2011). "Rosmarinic Acid Content In Basil Plants Grown In Vitro And In Hydroponics". Open Life Sciences, 6(6), 946-957.
KÖSA, S. ve GÜRAL, S. M. (2019). "Tıbbi Ve Aromatik Bitkiler ve Peyzajda Kullanımları". Peyzaj , 1 (1) , 41-54.
KULARBPHETTONG, K., AMPANT, U., ve KONGRODJ, N. (2019). An Automated Hydroponics System Based On Mobile Application. International Journal Of Information And Education Technology, 9(8), 548-552.
MAGGIO, A., DE PASCALE, S., BARBIERI, G., RAIMONDI, G., and ORSINI, F. (2006). "Yield And Quality Of Hydroponically Grown Sweet Basil Cultivars. In I International Symposium On The Labiatae: Advances İn Production", Biotechnology And Utilisation 723 (Pp. 357-360).

MAIRAPETYAN, S., ALEXANYAN, J., TOVMASYAN, A., DARYADAR, M., STEPANIAN, B., and MAMIKONYAN, V. (2016). "Productivity, Biochemical Indices And Antioxidant Activity Of Peppermint (*Mentha piperita L.*) and Basil (*Ocimum basilicum L.*) in Conditions Of Hydroponics", J. Aquac. Res. Dev, 7(6), 1-3.
PEDNEAULT, K., LÉONHART, S., GOSSELIN, A., PAPADOPOULOS, A. P., DORAIS, M. and ANGERS, P. (2000). "Variations İn Concentration Of Active Compounds in Four Hydroponically-and Field-Grown Medicinal Plant Species", In IV International ISHS Symposium On Artificial Lighting 580 (Pp. 255-262).
MAGGINI, R., KIFERLE, C., GUIDI, L., PARDOSSI, A. And RAFFAELLI, A. (2012). "Growing Medicinal Plants in Hydroponic Culture", Acta Hort. 952, 697-704.
SARDARE, M., ADMANE, S. (2019). "A Review On Plant Without Soil", Hydroponics.
SAVVAS, D., GIANQUINTO, G., TUZEL, Y., GRUDA, N. (2013). Soilless Culture. FAO Plant Production And Protection Paper, 217, 303-354.
SOARES, T.M., SILVA, E.F.F., DUARTE, S.N., MELO, R.F., JORGE, C.A., BONFIM-SILVA, E.M. (2007) "Produção De Alface Utilizando Águas Salinas Em Sistema Hidropônico", Irriga. 12:235-248.
SONNEVELD, C., VOOGT, W. (2009). Plant Nutrition Of Greenhouse Crops. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
TELEUȚĂ, A., MARICICA COLȚUN, C. MIHĂILESCU, NINA CIOCÂRLAN (2008), Plante Medicinale, Ed. Litera Internațional, Chișinău, Moldova
WALTERS, K. J., and CURREY, C. J. (2015). "Hydroponic Greenhouse Basil Production: Comparing Systems And Cultivars", Horttechnology, *25*(5), 645-650.
WEI, H., MANIVANNAN, A., CHEN, Y., and JEONG, B. (2018). "Effect Of Different Cultivation Systems On The Accumulation Of Nutrients And Phytochemicals İn Ligularia Fischeri", Horticultural Plant Journal, *4*(1), 24-29.
WIGNARAJAH, K. (1995). "Mineral Nutrition İn Plants. In Handbook Of Plant And Crop Physiology", Ed. M. Pessarakli, 193–222. New York: Marcel Dekker.
YILMAZ, Ö. Ü. A., SOYSAL, Ö. G. D. S., ERMAN, M., GÜNDOĞDU, M., KARADENİZ, T., TÜFENKÇİ, Ş. ve ADALI, U. B. S. (2022). Modern Tarım Uygulamaları.
ZHENG, Y., DIXON, M. And SAXENA, P.K. (2006). "Growing Environment and Nutrient Availability Affect The Content Of Some Phenolic Compounds in *Echinacea Purpurea*

Presentation ID / Sunum No: 99

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:

Sulu Tarım Alanlarında Bitkisel Üretim Değerinde Meydana Gelen Kayıpların İncelenmesi: DSİ 12. Bölge Örneği

Araştırmacı Didem Bedir[1], Dr. Öğretim Üyesi Murat Tekiner[1]
[1]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

*Corresponding author: Didem Bedir

Özet: *Tarımın önemi son yıllardaki küresel ekonomik kriz ve iklim değişikliğinin etkisi ile daha da önemini artırmıştır. Tarımsal üretimin artırılması ve sürdürülebilirliği için en önemli faktörlerden biri sulamadır. Sulama, üretimin etkinliğini artırarak bitkisel ürünlerden yüksek verim alınmasını ve buna bağlı olarak üretim değerinde artışı sağlamaktadır. Sulamaya açılan alanlarda, kuru tarım yapılması, nadas uygulamaları veya boş bırakılması üretim değeri kaybı yaşatmaktadır. Bu çalışma ile DSİ 12. Bölge sınırları içerisinde yer alan su kullanıcı teşkilatlarının sorumluluğunda bulunan sulu tarım alanlarındaki üretim değeri kayıplarının ortaya konulması amaçlanmıştır. 2018-2020 yılları arasında sulamaya açılmış alanların bir kısmında kuru tarım yapılması, bir kısmının nadasa bırakılması ve bir kısmında da boş bırakılmasından dolayı üç yıllık toplam 437.252.418 $ üretim değeri kaybı oluştuğu tespit edilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Kayseri, Nevşehir, Yozgat, Kırşehir, Kuru Tarım Alanları, Nadas Alanları*

Examination of Losses in Vegetable Production Value in Irrigated Agricultural Areas: Case of Dsı 12th Region

Abstract*: The importance of agriculture has increased in recent years with the effect of global economic crisis and climate change. Irrigation is one of the most important factors for the increase and sustainability of agricultural production. Irrigation increases the efficiency of production and provides high yields from plant products and, accordingly, an increase in production value. In the areas opened to irrigation, dry farming, fallow practices or leaving it empty cause a loss of production value. With this study, it is aimed to reveal the production value losses in irrigated agricultural areas, which are under the responsibility of water user organizations within the borders of DSI 12th Region. It has been determined that a total of 437.252.418 $ production value loss occurred for three years due to dry farming in some of the areas opened for irrigation between 2018 and 2020, leaving some of them fallow and leaving some of them empty.*

Keywords: *Kayseri, Nevşehir, Yozgat, Kırşehir, Dry Farming Areas, Fallowing Areas*

1.GİRİŞ

Dünya ve ülkemizde artan nüfus, temel insan ihtiyaçlarının artmasına yol açmaktadır. Dünyadaki doğal kaynaklar, ihtiyaçların karşılanabilmesi için hızlı bir şekilde tükenmekte ve buda ekosistemi bozmaktadır. Bu durum küresel iklim değişikliğini, ekonomik krizi artırmakta ve gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Gıda güvenliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında ise en önemli etkenlerden birisi de hiç kuşkusuz tarımsal sulamadır.

Türkiye gibi kurak ve yarı kurak iklim kuşağı ülkelerinde de sulama faktörü daha fazla öneme sahip olmaktadır. Türkiye'nin nüfusu TÜİK verilerine göre 31 Aralık 2020 tarihi itibarıyla

83.614.362kişidir. Yıllık kullanılabilir su potansiyelinin 112 milyar m^3 olduğu düşünüldüğünde kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.339 m^3 olarak hesaplanmaktadır. Ülkemizde 2020 yılında kullanılan toplam su miktarı 57,44 milyar m^3 olup, 44,25 milyar m^3'ünün (%77) sulama suyu, 13,19 milyar m^3'ünün (%23) ise içme-kullanma ve sanayi suyu olarak kullanıldığı tespit edilmiştir (DSİ, 2021). Suyun, tarımsal sulamada %77 gibi büyük bir bölümünün kullanılıyor olması sulama yönetimi üzerindeki baskıyı artırmakta ve çok büyük yatırımlar yapılarak sulamaya açılan alanlarda sulu tarım yapılmaması gıda güvenliğini tehdit eden bir diğer önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Türkiye'nin yüzölçümü yaklaşık 78 milyon ha olup tarım yapılan alan 24 milyon hektardır. Mevcut su potansiyeli ile ekonomik olarak sulanabilen tarım alanı 8,5 milyon hektardır. Türkiye'de su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili faaliyetlerden sorumlu en etkin kuruluş Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'dür. Türkiye'de 2020 yılı sonu itibariyle toplam brüt 6,5 milyon ha arazi sulamaya açılmış olup bunun %64,4'üne karşılık gelen yaklaşık 3,5 milyon hektarı DSİ tarafından inşa edilerek işletmeye açılmıştır (DSİ, 2021).

Tarımsal üretim için göz ardı edilemeyecek olan sulamanın planlı ve etkin şekilde uygulanmasıyla tarımsal gelirde yani milli gelir ve refah seviyesinde artış sağlayacağı bilinen bir gerçektir. Sulanabilir arazilerde kuru tarım, nadasa bırakma ve boş bırakılma işleminin büyük bütçeler ile yapılan sulama projelerinden istenen faydanın sağlanamaması ve tarımsal üretimden elde edilen gelirin düşmesine kadar birçok sonucu etkileyeceği kaçınılmazdır.

Bu çalışma, İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan DSİ 12. Bölge Müdürlüğü'nün hizmet alanı içerisinde bulunan Kayseri, Nevşehir, Yozgat ve Kırşehir illerini kapsamaktadır. Bölgenin yüz ölçümü 4.272.900 ha, tarım yapılan alan 2.260.242 ha, mevcut su potansiyeli ile ekonomik olarak sulanabilen tarım alanı ise 363.133 hektardır (DSİ, 2021). Bu çalışma ile DSİ 12. Bölgesinde bulunan ve DSİ tarafından inşa edilerek çeşitli su kullanıcı teşkilatlarına devredilen sulama alanlarında, sulama yapılmadan kuru tarım, nadasa bırakma veya boş bırakma nedenleriyle2018-2020 yılları arasında bitkisel üretim değerinde meydana gelen kayıplar ele alınmıştır.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın ana materyalini, 2018-2020 arası yıllara ait "DSİ'ce İşletilen ve Devredilen Sulama Tesisleri Değerlendirme Raporu" ile "DSİ'ce İnşa Edilerek İşletmeye Açılan Sulama ve Bataklık Islahı Tesisleri Mahsul Sayım Sonuçları" adlı raporları oluşturmaktadır. Çalışma, kuzeyinde Çorum ve Tokat illeri, güneyinde Aksaray, Niğde ve Adana illeri, batısında Ankara ve Konya illeri, doğusunda da Sivas ve Kahramanmaraş illeri ile sınırlanan DSİ 12. Bölge Müdürlüğü hizmet alanını kapsamaktadır.

İlgili üç yıl (2018-2020) boyunca DSİ 12. Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde DSİ tarafından işletilen sulama tesislerince sulanan alanlar hariç tutularak, çeşitli su kullanıcı teşkilatlarına devredilen (sulama birlikleri, sulama kooperatifleri vb.) sulu tarım alanlarında, kuru tarım yapılan, nadasa bırakılan ve boş bırakılan alanlarda sulu tarım yapılamadığı için meydana gelen gelir kayıpları hesaplanmış ve sonuçları tartışılmıştır.

Çalışma kapsamına giren alanlara ait; net sulama alanı, kuru tarım yapılan alan, nadas alanı ve boş bırakılan alan verileri "DSİ'ce İşletilen ve Devredilen Sulama Tesisleri Değerlendirme Raporu'ndan (DSİ, 2020a), bitki çeşidi, ekiliş oranı (%), ortalama üretim değeri (TL/da) bilgileri ise "DSİ'ce İnşa Edilerek İşletmeye Açılan Sulama ve Bataklık Islahı Tesisleri Mahsul Sayım Sonuçları" raporlarından (DSİ, 2020b)temin edilmiştir. Bu verilerde aşağıda ayrıntıları verilen bazı kabuller yapılmıştır.

Sulamaya açılan bütün alanların sulanması için gerekli olan sulama suyu miktarının ilgili su kaynaklarında mevcut olduğu kabul edilmiştir.

Mahsul sayım sonuçları tablosunda yer alan ancak üretim değeri olmayan "Her Çeşit Fidan, Mevsim Dışı Sulama I ve II" bitki deseni oranından çıkarılmıştır.

Hem sulu hem de kuru tarım olarak yetiştiriciliği yapılan hububat ve ayçiçeği bitkilerinin, kuru tarım koşullarındaki ekim alanı verilerine ulaşılamadığı için II. ürün alanları da bitki deseni oranından çıkarılmıştır. Dolayısıyla sadece üretim değeri bulunan I. ürün bitkileri bitki deseni oranı içerisinde düşünülmüştür.

Elde edilen veriler Excel ortamına aktarılmış ve aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda elde edilen üretim değerleri, yıllar arası karşılaştırmanın yapılabilmesi için ilgili yılın Aralık ayının ilk Pazartesi günü gerçekleşen Merkez Bankası kuru üzerinden ABD Doları'na dönüştürülmüş böylelikle üretim değerleri hem Türk Lirası (₺) hem de ABD Doları ($) olarak verilmiştir.

Hesaplamalar 4 farklı senaryo üzerinden yapılmıştır:

Senaryo (S1): Kuru tarım yapılan alanlarda sulu tarım yapılsaydı mevcut bitki deseni oranına göre üretim değeri artışı ne kadar olacaktı?

Senaryo (S2): Nadasa bırakılan alanlarda sulu tarım yapılsaydı mevcut bitki deseni oranına göre üretim değeri artışı ne kadar olacaktı?

Senaryo (S3): Boş bırakılan alanlarda sulu tarım yapılsaydı mevcut bitki deseni oranına göre üretim değeri artışı ne kadar olacaktı?

Senaryo (S4): Sulanmayan alanların tamamında sulu tarım yapılsaydı mevcut bitki deseni oranına göre üretim değeri artışı ne kadar olacaktı?

Dolayısıyla her bir senaryo, sulu tarım yapılmaması nedeniyle meydana gelecek üretim değeri kaybını göstermiştir. Senaryolara bağlı olarak üretim değeri kayıpları eşitlikleri (Eşitlik 1-4) aşağıdaki gibidir.

$$\text{ÜDK}_{KT} = \frac{\text{A}_{KT} \times \text{BD} \times Vo \times F}{100} - \text{ÜDO}_{KT} \quad (1)$$

Eşitlikte;

ÜDK_{KT} : Kuru tarım yapılan alanda üretim değeri kaybı (₺ ve $),

A_{KT} : Kuru tarım yapılan alan (da)

BD : Bitki deseni oranı (%)

Vo : Ortalama verim ($kg.da^{-1}$)

F : Birim fiyat (₺/kg)

ÜDO_{KT} : Kuru tarım ortalama üretim değeri (₺)

$$\text{ÜDK}_{N} = \frac{\text{A}_{N} \times \text{BD} \times Vo \times F}{100} \quad (2)$$

Eşitlikte;

ÜDK_{N} : Nadasa bırakılan alanda üretim değeri kaybı (₺ ve $),

A_{N} : Nadasa bırakılan alan (da)

$$\text{ÜDK}_{B} = \frac{\text{A}_{Boş} \times \text{BD} \times Vo \times F}{100} \quad (3)$$

Eşitlikte;

ÜDK_{B} : Boş bırakılan alanda üretim değeri kaybı (₺ ve $),

$\text{A}_{Boş}$: Boş bırakılan alan (da)

$$\text{ÜDK}_{T} = \text{ÜDK}_{KT} + \text{ÜDK}_{N} + \text{ÜDK}_{B} \quad (4)$$

Elde edilen veriler tablolar halinde özetlenmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı durum analizi yapılarak değerlendirilmiştir.

3.BULGULAR ve TARTIŞMA

DSİ 12. Bölge sınırları içerisinde bulunan ve DSİ tarafından çeşitli su kullanıcı teşkilatlarına devredilen sulu tarım alanlarında, sulamaya açıldığı halde sulu tarım yapılmaması nedeniyle meydana gelen bitkisel üretim değer kayıpları 2018-2020 yılları arasındaki üç yıllık süreçte hesaplanmış ve yıllara göre karşılaştırma yapılarak tartışılmıştır.

DSİ 12. Bölge sınırları içerisinde yer alan su kullanıcı teşkilatları tarafından sulanabilir toplam alan, sulama tesisleri tarafından sulanan alan, kuru tarım yapılan alan, nadasa bırakılan alan, boş bırakılan alanlar ve sulanmayan toplam alan yıllar itibariyle Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Devredilen Sulama Alanlarında Gerçekleşen Sulama Durumu (2018-2020)

Yıllar	Net Sulama Alanı (da)	Sulama Alanı İçinde Sulanan Alan				Sulama Alanı İçinde Sulanmayan Alan				
		Sulama Tesisleri (da)	Çiftçi İmkânları (da)	Toplam (da)	Oran (%)	Kuru Tarım (da)	Nadas (da)	Boş (da)	Toplam (da)	Oran (%)
2018	950.160	427.900	24.480	452.480	48	329.720	63.690	104.370	497.780	52
2019	965.770	474.790	20.730	495.520	51	277.010	80.470	112.770	470.250	49
2020	1.059.420	544.420	22.990	567.410	54	340.410	50.960	100.640	492.010	46

Tablo 1'e bakıldığında devredilen sulama alanlarında 2018 yılında 950.160 da olan net sulama alanı 2020 yılında 1.059.420 da olup düzenli bir artış sağlamıştır. 3 yıl içerisinde sulanmayan alan oranı ise %52'den %46'ya düşmüştür. Sulanmayan alanların yarısından fazla kısmını kuru tarım yapılan alanlar oluştururken en az paya sahip nadas alanları oluşturmuştur.

Toplam üretim değeri kayıplarının hesaplanmasında, mahsul sayım sonuçları tablosunda yer alan ve üretim değeri olmayan "Her Çeşit Fidan, Mevsim Dışı Sulama I ve II" alanları ile II. ürün alanları sulanan alanlardan çıkarılmıştır. Böylelikle ilgili yıllarda gerçekleşen sulamalar ile hesaplama yapılan sulamalar arasında küçük bir fark oluşmuştur. 2018 yılında Tablo 1'de 452.480 da olan toplam sulanan alan Tablo 2'de ki toplam üretim değeri hesap cetvelinde 426.532 da olarak kabul edilmiş ve buna göre bitki deseni oranı hesaplanmıştır.

Tablo 2. DSİ 12. Bölgedeki Devredilen Sulamalarda Dikkate Alınan Bitki Desenine Göre 2018 yılı Toplam Üretim Değeri

	Bitki Çeşidi	Ekim Alanı (da)	Bitki Deseni Oranı (%)	Ortalama Verim (kg/da)	Birim Fiyatı (TL/kg) (TL/m³)	Toplam Üretim Değeri (TL)
1	Hububat	109.420	25,65	410	0,87	39.030.114
2	Baklagiller	1.970	0,46	154	4,77	1.447.123
3	Bostan	7.376	1,73	1.327	1,03	10.081.591
4	Şeker Pancarı	100.118	23,47	5.181	0,24	124.490.726
5	Ayçiçeği	77.561	18,18	209	3,35	54.304.334
6	Mısır	34.921	8,19	3.746	0,41	53.633.767
7	Bağ	35	0,01	3.529	4,33	534.820
8	Her Çeşit Meyve	29.316	6,87	3.820	1,61	180.299.263
9	Her Çeşit Sebze	20.113	4,72	2.552	0,79	40.549.417
10	Patates	8.146	1,91	3.548	1,10	31.792.209
11	Soğan Sarımsak	90	0,02	2.167	1,13	220.384
12	Yem Bitkileri	35.643	8,36	1.831	0,73	47.641.503
13	Kavak, Okaliptus, Orman	1.823	0,43	2	250,02	911.573
Toplamlar		**426.532**	**100,00**	**28.476**	**270,38**	**584.936.823**

Tablo 2'den de görüldüğü gibi 2018 yılında 426.532 da sulanan alandan toplam 584.936.823 ₺(112.691.562 $) üretim değeri elde edilmiştir. Buna karşın çeşitli nedenler ile sulanmayan alanlar sulanarak bitkisel üretim yapılsaydı farklı senaryolara göre toplam üretim değeri doğal olarak daha fazla olacaktı (Tablo 3).

Tablo 3. DSİ 12. Bölge Devredilen Sulamalarda 2018 yılı Sulanmayan Alanlarda Toplam Üretim Değeri Kaybı

Bitki Çeşidi		S1		S2		S3		S4	
		Kuru Tarım Yapılan Alan (da)	Toplam Üretim Değeri (TL)	Nadas Alanı (da)	Toplam Üretim Değeri (TL)	Boş Bırakılan Alan (da)	Toplam Üretim Değeri (TL)	Toplam Sulanmayan Alan (da)	Toplam Üretim Değeri (TL)
1	Hububat	329.720	30.171.263	63.690	5.827.999	104.370	9.550.451	497.780	45.549.713
2	Baklagiller		1.118.662		216.085		354.103		1.688.850
3	Bostan		7.793.324		1.505.389		2.466.909		11.765.622
4	Şeker Pancarı		96.234.473		18.589.026		30.462.186		145.285.684
5	Ayçiçeği		41.978.621		8.108.754		13.287.968		63.375.342
6	Mısır		41.460.255		8.008.624		13.123.883		62.592.763
7	Bağ		413.429		79.860		130.867		624.156
8	Her Çeşit Meyve		139.375.881		26.922.388		44.118.223		210.416.492
9	Her Çeşit Sebze		31.345.723		6.054.862		9.922.216		47.322.801
10	Patates		24.576.180		4.747.231		7.779.376		37.102.786
11	Soğan Sarımsak		170.362		32.908		53.927		257.197
12	Yem Bitkileri		36.828.084		7.113.856		11.657.610		55.599.550
13	Kavak, Okaliptus, Orman		704.669		136.117		223.057		1.063.842
Toplamlar			**452.170.926**		**87.343.098**		**143.130.776**		**682.644.800**

Tablo 3 incelendiğinde S1'de 329.720 da alanda sulu tarım yerine kuru tarım yapıldığından 452.170.926 ₺ (87.113.422 $), S2'de 63.690 da alanda sulu tarım yerine hiç tarım yapılmayıp nadasa bırakıldığı için 87.343.098 ₺ (16.827.168 $), S3'te 104.370 da alanda sulu tarım yerine hiç tarım yapılmayıp boş bırakıldığı için 143.130.776 ₺ (27.574.996 $), sulu tarım yapılmayan toplam 497.780 da alanda sulu tarım yapılmadığı için toplamda 682.644.800 ₺ (131.515.586 $) üretim değeri kaybı tespit edilmiştir.

Benzer şekilde 2019 yılında 495.520 da olan toplam sulanan alan Tablo 4'de ki toplam üretim değeri hesap cetvelinde 498.770 da olarak kabul edilmiş ve buna göre bitki deseni oranı hesaplanmıştır.

Tablo 4. DSİ 12. Bölgedeki Devredilen Sulamalarda Dikkate Alınan Bitki Desenine Göre 2019 yılı Toplam Üretim Değeri

Bitki Çeşidi		**Ekim Alanı (da)**	**Bitki Deseni Oranı (%)**	**Ortalama Verim (kg/da)**	**Birim Fiyatı (TL/kg) (TL/m³)**	**Toplam Üretim Değeri (TL)**
1	Hububat	116.375	23,33	450	1,04	54.463.500
2	Baklagiller	3.010	0,60	212	5,16	3.292.699
3	Bostan	7.891	1,58	1.760	0,75	10.416.120
4	Şeker Pancarı	114.398	22,94	5.629	0,31	199.623.366
8	Ayçiçeği	73.512	14,74	214	7,30	114.840.446
11	Mısır	55.444	11,12	1.978	0,71	77.864.445
12	Mısır Silajı	9.762	1,96	4.306	0,41	17.234.421
15	Bağ	623	0,12	1.898	2,33	2.755.118
17	Her Çeşit Meyve	37.092	7,44	5.010	1,31	243.438.505
20	Her Çeşit Sebze	23.217	4,65	1.541	1,67	59.748.253
21	Patates	5.824	1,17	3.568	1,30	27.014.042
22	Soğan Sarımsak	170	0,03	574	1,90	185.402
23	Yem Bitkileri	49.679	9,96	2.703	0,79	106.083.046
24	Kavak, Okaliptus, Orman	1.782	0,36	2	265,00	944.460
Toplamlar		**498.779**	**100,00**			**917.903.823**

Tablo 4'den de görüldüğü gibi 2019 yılında 498.779 da sulanan alandan toplam 917.903.823 ₺(159.841.156 $) üretim değeri elde edilmiştir. Buna karşın çeşitli nedenler ile sulanmayan alanlar sulanarak bitkisel üretim yapılsaydı farklı senaryolara göre toplam üretim değeri doğal olarak daha fazla olacaktı (Tablo 5).

Tablo 5. DSİ 12. Bölge Devredilen Sulamalarda 2019 yılı Sulanmayan Alanlarda Toplam Üretim Değeri Kaybı

Bitki Çeşidi		S1		S2		S3		S4	
		Kuru Tarım Yapılan Alan (da)	Toplam Üretim Değeri (TL)	Nadas Alanı (da)	Toplam Üretim Değeri (TL)	Boş Bırakılan Alan (da)	Toplam Üretim Değeri (TL)	Toplam Sulanmayan Alan (da)	Toplam Üretim Değeri (TL)
1	Hububat	277.010	30.247.733	80.470	8.786.813	112.770	12.313.768	470.250	51.348.314
2	Baklagiller		1.828.687		531.224		744.453		3.104.364
3	Bostan		5.784.865		1.680.474		2.355.003		9.820.342
4	Şeker Pancarı		110.866.072		32.206.032		45.133.269		188.205.373
5	Ayçiçeği		63.779.654		18.527.666		25.964.520		108.271.840
6	Mısır		43.244.062		12.562.181		17.604.537		73.410.779
7	Mısır Silajı		9.571.587		2.780.498		3.896.567		16.248.652
8	Bağ		1.530.127		444.494		622.910		2.597.531
9	Her Çeşit Meyve		135.199.959		39.274.902		55.039.527		229.514.388
10	Her Çeşit Sebze		33.182.759		9.639.423		13.508.609		56.330.792
11	Patates		15.002.957		4.358.283		6.107.662		25.468.901
12	Soğan Sarımsak		102.968		29.912		41.918		174.797
13	Yem Bitkileri		58.916.002		17.114.800		23.984.540		100.015.342
14	Kavak, Okaliptus, Orman		524.531		152.373		213.535		890.439
Toplamlar			**509.781.963**		**148.089.075**		**207.530.818**		**865.401.857**

Tablo 5 incelendiğinde S1'de 277.010 da olan alanda sulu tarım yerine kuru tarım yapıldığından 509.781.963 ₺ (88.771.978 $), S2'de 80.740 da alanda sulu tarım yerine hiç tarım yapılmayıp nadasa bırakıldığı için 148.089.075 ₺ (25.787.809 $), S3'te 112.770 da alanda sulu tarım yerine hiç tarım yapılmayıp boş bırakıldığı için 207.530.818 ₺ (36.138.825 $), sulu tarım yapılmayan toplam 470.250 da sulu tarım yapılmadığı için toplamda 865.401.857 ₺ (150.698.613 $) üretim değeri kaybı tespit edilmiştir.

Son olarak 2020 yılında 567.410 da olan toplam sulanan alan Tablo 6'de ki toplam üretim değeri hesap cetvelinde 538.000 da olarak kabul edilmiş ve buna göre bitki deseni oranı hesaplanmıştır.

Tablo 6. DSİ 12. Bölgedeki Devredilen Sulamalarda Dikkate Alınan Bitki Desenine Göre 2020 yılı Toplam Üretim Değeri

Bitki Çeşidi		Ekim Alanı (da)	Bitki Deseni Oranı (%)	Ortalama Verim (kg/da)	Birim Fiyatı (TL/kg) (TL/m³)	Toplam Üretim Değeri (TL)
1	Hububat	128.223	23,83	428	1,43	78.477.605
2	Baklagiller	3.439	0,64	170	5,90	3.449.317
3	Bostan	7.572	1,41	173	13,15	17.225.921
4	Şeker Pancarı	117.630	21,86	6.225	0,34	248.963.895
6	Ayçiçeği	92.086	17,12	226	9,76	203.119.615
8	Mısır	12.550	2,33	1.921	0,63	15.188.387
9	Mısır Silajı	30.093	5,59	5.559	0,34	56.877.576
12	Bağ	1.747	0,32	1.999	2,38	8.311.562
14	Her Çeşit Meyve	47.388	8,81	4.613	1,66	362.877.401
17	Her Çeşit Sebze	26.389	4,91	2.560	1,78	120.249.395
18	Patates	19.665	3,66	2.819	1,69	93.686.223

19	Soğan Sarımsak	429	0,08	5.389	1,04	2.404.356
20	Yem Bitkileri	49.057	9,12	2.664	0,90	117.619.063
21	Kavak, Okaliptus, Orman	1.732	0,32	2	251,16	870.018
Toplamlar		**538.000**	**100,00**			**1.329.320.335**

Tablo 6'dan de görüldüğü gibi 2020 yılında 538.000 da sulanan alandan toplam 1.329.320.335 ₺(169.530.217 $) üretim değeri elde edilmiştir. Buna karşın çeşitli nedenler ile sulanmayan alanlar sulanarak bitkisel üretim yapılsaydı farklı senaryolara göre toplam üretim değeri doğal olarak daha fazla olacaktı (Tablo 7).

Tablo 7. DSİ 12. Bölge Devredilen Sulamalarda 2020 yılı Sulanmayan Alanlarda Toplam Üretim Değeri Kaybı

Bitki Çeşidi		S1		S2		S3		S4	
		Kuru Tarım Yapılan Alan (da)	Toplam Üretim Değeri (TL)	Nadas Alanı (da)	Toplam Üretim Değeri (TL)	Boş Bırakılan Alan (da)	Toplam Üretim Değeri (TL)	Toplam Sulanmayan Alan (da)	Toplam Üretim Değeri (TL)
1	Hububat	340.410	49.655.319	50.960	7.433.492	100.640	14.680.272	492.010	71.769.083
2	Baklagiller		2.182.494		326.723		645.240		3.154.458
3	Bostan		10.899.398		1.631.660		3.222.336		15.753.393
4	Şeker P.		157.527.508		23.582.156		46.571.982		227.681.647
5	Ayçiçeği		128.520.350		19.239.732		37.996.205		185.756.286
6	Mısır		9.610.183		1.438.662		2.841.188		13.890.034
7	Mısır Silajı		35.988.282		5.387.512		10.639.701		52.015.494
8	Bağ		5.258.994		787.281		1.554.787		7.601.063
9	Her Çeşit Meyve		229.604.268		34.372.179		67.881.007		331.857.454
10	Her Çeşit Sebze		76.085.681		11.390.166		22.494.236		109.970.084
11	Patates		59.278.303		8.874.071		17.525.244		85.677.618
12	Soğan Sarımsak		1.521.314		227.743		449.767		2.198.824
13	Yem Bitkileri		74.421.385		11.141.018		22.002.198		107.564.601
14	Kavak, Okaliptus, Orman		550.489		82.409		162.748		795.646
Toplamlar			**841.103.969**		**125.914.803**		**248.666.912**		**1.215.685.684**

Tablo 7 incelendiğinde S1'de 340.410 da olan alanda sulu tarım yerine kuru tarım yapıldığından 841.103.969 ₺ (107.267.251 $), S2'de 50.960 da alanda sulu tarım yerine hiç tarım yapılmayıp nadasa bırakıldığı için 125.914.803 ₺ (16.058.104 $), S3'te 100.640 da alanda sulu tarım yerine hiç tarım yapılmayıp boş bırakıldığı için 248.666.912 ₺ (31.712.864 $), sulu tarım yapılmayan toplam 492.010 da alanda sulu tarım yapılmadığı için toplamda 1.215.685.684 ₺ (155.038.219 $) üretim değeri kaybı tespit edilmiştir.

4.SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarımsal ürünlerde birim alandan elde edilen geliri artırma gerekliliğinin öne çıktığı bu günlerde yoğun emek, zaman ve çok büyük bütçeler ayrılarak sulamaya açılan alanlarda sulu tarımın dışında faaliyette bulunulması üretim miktarında, verimde ve finansal anlamda kayıplara neden olmaktadır. Bu kayıpların boyutunu belirlemek amacıyla yapılan bu çalışma DSİ 12. Bölge sınırları içinde DSİ'ce inşa edilerek su kullanıcı teşkilatlarına devredilen sulama alanları örnek alınmıştır.

2021 yılı sonu itibarıyla kesin değerler olarak DSİ'ce inşa edilerek işletmeye açılan 3.536.890 ha net sulama alanının, 203.486 hektarı DSİ'ce, 2.816.946 hektarı ise tesislerin işletme bakım ve yönetim sorumluluğunu devralan kuruluşlar tarafından işletilmiştir. Devredilen bu sulama alanları

içerisindeki 105.142 ha alan DSİ 12. Bölge Müdürlüğü sınırları içerisindeki su kullanıcı teşkilatların sorumluluğundadır (DSİ, 2022).

Bu çalışmada 2018-2020 yılları arasında ortalama veriler baz alınarak sulanmayan alanın %64,87'si kuru tarım alanı, %21,77'sı boş alan ve geri kalan %13,36'sı ise nadas alanı olarak kullanılmıştır. Yıllar itibariyle toplam sulanan alan, sulamaya açılan yeni alanlardan dolayı belirgin bir şekilde artış gösterirken sulanmayan toplam alanlarda belirgin bir değişim gözlenmemiştir. Sulanmayan alanlardaki bu durum, tarımsal üretim değerinde önemli miktarlarda kayba neden olmuştur. 2018-2020 yılları arasında sulamaya açılan alanlarda sulu tarım yerine kuru tarım yapılarak, nadasa bırakılarak ve boş bırakılarak değerlendirilen alanlarda meydana gelen üretim değeri kayıplarının artış gösterdiği görülmüştür. Bu artışın en önemli nedeninin küresel salgın tedbirleri olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır.

Toplam sulanmayan alanlardan meydana gelen üretim değeri kaybı 2018 yılında yaklaşık 131,5Milyon $'dan 2020 yılında yaklaşık 155Milyon $'a yükseldiği belirlenmiştir.

DSİ 12. Bölgedeki devredilen sulamalarda, 2018 yılında sulanan toplam 426.532 da alandan elde edilen toplam üretim değerinin 112.691.562 $ olduğu düşünüldüğünde aynı yıl üretim değeri kaybı olmasaydı toplam üretim değeri %116,7 artarak 244.207.148 $'a ulaşabilecekti. Aynı yıl sadece DSİ 12. Bölge Müdürlüğünde yer alan alanlardan oluşan üretim değeri kayıplarının, ülkemizde o yıl DSİ tarafından inşa edilerek işletmeye açılmış tarım alanlarından elde edilen toplam üretim değerini (5.238.821.306$) %0,48 oranında artırabileceği tespit edilmiştir.

Aynı hesaplama 2020 yılı için yapıldığında; DSİ 12. Bölgedeki devredilen sulama alanlarında sulanan toplam 538.000 da alandan elde edilen toplam üretim değerinin 169.530.217 $ olduğu düşünüldüğünde aynı yıl üretim değeri kaybı olmasaydı toplam üretim değeri %91,5 artarak 324.568.436$'a ulaşabileceği belirlenmiştir. 2020 yılında sadece DSİ 12. Bölge Müdürlüğünde yer alan alanlardan oluşan üretim değeri kayıplarının, ülkemizde o yıl DSİ tarafından inşa edilerek işletmeye açılmış tarım alanlarından elde edilen toplam üretim değerini (6.435.041.776 $) %2,41 oranında artırabileceği tespit edilmiştir. Bu hesaplamaların sadece bir DSİ bölgesi için yapıldığı düşünüldüğünde tüm Türkiye'de çok ciddi üretim ve değer kayıplarının olduğu ve bunun olumsuz etkilerinin iklim değişimi sürecinde daha da artacağı net olarak görülmektedir.

Sulamaya açılan alanlarda, mevcut su potansiyelimizi dikkate alarak yapılacak üretim planlaması ve bu planlamanın uygulanması için gerekli teşvik ve yaptırımları benimseyen tarım politikalarının ivedilikle hayata geçirilmesi çok önemli bir zorunluluktur.

KAYNAKLAR

DSİ(2020a). DSİ'ce İşletilen ve Devredilen Sulama Tesisleri Değerlendirme Raporu (2018-2020). DSİ Genel Müdürlüğü. Ankara.

DSİ(2020b). DSİ'ce İnşa Edilerek İşletmeye Açılan Sulama ve Bataklık Islahı Tesisleri Mahsul Sayım Sonuçları Raporu (2018-2020).DSİ Genel Müdürlüğü. Ankara.

DSİ(2021). 2020 Yılı Faaliyet Raporu. DSİGenel Müdürlüğü. Ankara.

DSİ (2022). 2021 Yılı DSİ'ce İşletilen ve Devredilen Sulama Tesisleri Raporu. DSİ Genel Müdürlüğü. Ankara.

Presentation ID / Sunum No: 27

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-7822-734X

Adana ilinin Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyeli

Araştırmacı Elif Asena Tanrıverdi[1], Doç.Dr. Rozelin Aydın[2]
[1] Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Sosyal Bilimler Fakültesi, Kent Çalışmaları Ana Bilim Dalı, Adana
elifasenagokce@hotmail.com
[2]Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Adana
raydin@atu.edu.tr

*Corresponding author: Elif Asena Tanrıverdi

Özet: *Fosil yakıtların küresel iklim krizinin en önemli sebebi olarak görülmesi ve mevcut rezervlerinin hızla tükeniyor olması Dünya'yı yeni enerji arayışlarına mecbur kılmaktadır. Çukurova Bölgesi yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji potansiyeli açısından oldukça zengin bir bölgedir. Bu çalışmada, Adana'da tarımla uğraşan katılımcılara yöneltilen anket soruları ile; bölgede yetiştirilen tarımsal ürün türleri ve açığa çıkan tarımsal atıklar ile ilgili tespitlerde bulunulmuş, ve farkındalık ve bilgi düzeyleri ölçülmüştür. Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası'ndan alınan istatistiki verilere göre biyokütle enerji eşdeğeri en fazla olan kaynak tarımsal kaynaklı atıklar olmuştur. Bu kapsamda yoğun tarım yapılan Ceyhan, İmamoğlu, Karaisalı, Karataş, Kozan, Sarıçam, Seyhan, Yumurtalık ve Yüreğir ilçelerinde, 205 çiftçi ile çalışma gerçekleştirilmiştir. İlçelerde yetiştirilen ürünler sırasıyla %36,1 buğday, %21,5 arpa, %9,5 mısır, %7,5 soya, %7,3 ayçiçeği, %6,3 pamuk, %6,1 şeker pancarı, %2,0 patates, %1,2 fiğ, %1,2 biber, %0,8 narenciye ve %0,4 zeytin olarak tespit edilmiştir. Yetiştirilen bu ürünlerin ekili alan miktarları kullanılarak biyokütle enerji eşdeğer hesaplamaları yapılmıştır. Sunumda bu kısımlara ayrıntılı olarak yer verilecektir. Çiftçilerin %55,1'lik kesimi, alternatif bir yöntem olan biyokütle enerjisi konusunda bilgileri olmadığını beyan etmişlerdir. Tarımsal atıkların işlenebilmesi halinde, katılımcıların %46,8'lik kesimi bu atıkları bekletebileceklerini belirtmişlerdir. Bu bilgiler doğrultusunda ilgili kurum ve kuruluşlarla iş birliği yapılarak çiftçilere yönelik farkındalık faaliyetleri sayesinde bu oranın artabileceği gözlenmektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Biyokütle Enerjisi, Fosil Yakıtlar, Tarımsal Atık,*

Determination of Biomass Energy Potential, Obtained From Agricultural Wastes of Adana Province

Abstract*: The fact that fossil fuels are seen as the most important cause of the global climate crisis and that their current reserves are being depleted rapidly compels the world to seek new energy. Çukurova region is a very rich region in terms of energy potential based on renewable resources. In this study, with the survey questions directed to the participants dealing with agriculture in Adana; determinations were made about the types of agricultural products grown in the region and the agricultural wastes released, and the awareness and knowledge levels were measured. According to the statistical data obtained from the Biomass Energy Potential Atlas, the source with the highest biomass energy equivalent was agricultural waste. In this context, a*

survey was conducted with province's Ceyhan, İmamoğlu, Karaisalı, Karataş, Kozan, Sarıçam, Seyhan, Yumurtalık and Yüreğir districts where intensive agriculture is practiced. As a result of the survey we conducted, the products grown in the districts were 36.1% wheat, 21.5% barley, 9.5% corn, 7.5% soybean, 7.3% sunflower, 6.3% cotton, 6.1% sugar beet, 2.0% potato, 1.2% vetch, 1.2% pepper, 0.8% citrus and 0.4% olive. Biomass energy equivalent calculations were made using the cultivated area amounts of these grown products. The plant products from which the most energy was obtained were respectively wheat, corn, citrus, sunflower, cotton, soybean, olive, potato, barley, pepper, vetch, sugar beet. In total, 55.1% of the farmers declared that they do not have knowledge about biomass energy, which is an alternative method. If agricultural wastes can be processed, 46.8% of the participants stated that they can keep these wastes. In line with this information, it is predicted that this rate may increase thanks to the awareness activities for farmers in cooperation with the relevant Ministries and related associations.

Keywords: *Renewable Energy Sources, Biomass Energy, Fossil Fuels, Agricultural Waste,*

1.Giriş

Genel anlamı bir cismin ya da sistemin iş yapabilme yeteneği olarak bilinen enerji, günlük yaşamımızın olmazsa olmazlarındandır. Tüketimi son yıllarda gittikçe artan enerjiye duyulan ihtiyaç da gün geçtikçe artmaktadır. Dünya nüfusunun hızla artması ve sanayileşme ile artan enerji talebi, doğanın ve insanlığın en büyük düşmanı olan fosil yakıtlar ile karşılanmaktadır. Fosil yakıtlar ise zamanla havanın, toprağın ve su kaynaklarının kirlenmesine, küresel ısınmaya, iklim değişikliklerine, insan ve çevre sağlığına zarar vermeye ve dışa bağımlılığın artmasına sebebiyet vermektedir.

1973 yılında ilk ciddi petrol krizi ile birlikte enerjinin önemi tüm dünyada anlaşılmaya başlanmış ve ülkeler enerji kaynaklarını hem çeşitlendirmeye ve hem de alternatif enerji kaynaklarına yönelme noktasında ciddi gelişmeler yaşamıştır. Bu krizden sonra enerji ithal eden ülkelerin neredeyse tamamına yakını enerjinin sürdürülebilir kullanımı üzerine çeşitli politika arayışları içine girmişlerdir. Dünya'da ve ülkemizde enerji ihtiyacı genel olarak hala fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Başta çevre kirliliği olmak üzere, insan sağlığına olan olumsuz etkileri, rezervlerin azalması gibi birçok sebepten ötürü oldukça dezavantajlı durumdadır. Fosil yakıtların dünya yaşamı için bu kadar tehlike arz etmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini, avantajlarını, gerekliliğini ve değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Fosil yakıtlar bakımından neredeyse tamamen dışarı bağımlı olan ülkemizde yapılan araştırmalar, yenilenebilir enerji potansiyelinin, bu enerji kaynaklarının kullanımında başı çeken birçok ülkeye göre daha fazla olduğunu göstermektedir [1]. Ülkemizde önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünülen yenilenebilir enerji kaynaklarından maksimum fayda sağlamak adına gerekli araştırmaların yapılarak bu potansiyelin bir an önce ortaya konulması gerekmektedir.

Günümüzde Dünya üzerinde tüketilen enerjinin yalnızca yüzde 20'ye yakını yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Yenilenebilir enerji "bütünüyle doğal kaynaklardan elde edilen ve kendini sürekli bir şekilde yenileyebilen enerji kaynağı" olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer enerji türlerinden ayıran en ayrıcalıklı özelliği adından da anlaşılacağı üzere yenilenebilir olması ve fosil yakıtların aksine doğada yok olmamasıdır. Bütün bunlara ek olarak yenilenebilir enerji türleri karbon salınımını azaltarak çevre dostu oluşu, yerli kaynaklardan elde edilişi ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasını sağlaması açısından oldukça önemlidir. Ülkemiz bulunduğu coğrafi konumu ve jeopolitik yapısı itibariyle yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma imkânı son derece yüksek olan bir ülke konumundadır. Özellikle Avrupa`daki diğer birçok ülkeye kıyasla hidrolik, jeotermal, rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyelleri bakımından elverişli bir konuma sahip olan ülkemizde, bu yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranı nispeten düşük seviyelerdedir. Bu konuda ilerlemeyi geciktiren ekonomik ve hukuki engeller olsa da son yıllardaki gelişmeler umut vericidir.

İleriye yönelik projeksiyonların hepsinde, ülkemizin enerjide dışa bağımlılığını büyük ölçüde azaltacak olan yenilenebilir enerji, milli gelirden istihdama, yatırım alanlarından çevresel faktörlere, enerji arz güvenliğinden kaynak çeşitlendirmesine kadar birçok alanda çok önemli katkıları olacaktır. Böylelikle ülkemiz dünya enerji ticaretinde yönlendirici güç olmanın yanında enerjide kendi kendine yetebilen bir ülke konumuna gelecektir.

Bu çalışmada Adana ilinde yapılan yoğun tarım faaliyetleri sonucu oluşan önemli miktardaki tarımsal atıkların işe yarar bir şekilde kullanılabilmesi halinde hem anız yangınlarının son bulması hem de atıkların doğru değerlendirilmesi ile Adana'da elde edilebilecek biyokütle enerji potansiyeli ele alınmıştır.

Çukurova Bölgesi bazında yenilenebilir enerji çeşitlerinden özellikle güneş enerjisi ve biyokütle enerjisi potansiyeli açısından daha avantajlı bir konumda olduğu görülmektedir. Bölgede en önemli geçim kaynaklarının başında tarımsal faaliyetler gelmektedir. Buna bağlı olarak tarımsal atıklardan elde edilebilecek biyokütle enerjisinin de önemli bir potansiyel olduğu düşünülmektedir. Bu potansiyeli belirleyebilmek için öncelikle mevcut tarımsal durumun ortaya konması gerekmektedir.

2.Yöntem

2.1 Coğrafi Konum

Adana ili Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde yer alan, güneyinde Akdeniz'e sınırı olan ve doğusunda Osmaniye, kuzeyinde Kayseri, batısında Mersin, kuzeydoğusunda Kahramanmaraş, kuzeybatısında Niğde, güneydoğusunda Hatay'a komşu ildir (Şekil 2.1). Çukurova Bölgesi'nde yer alan Adana; 35-38 kuzey enlemi ve 34-36 doğu boylamında bulunmaktadır.



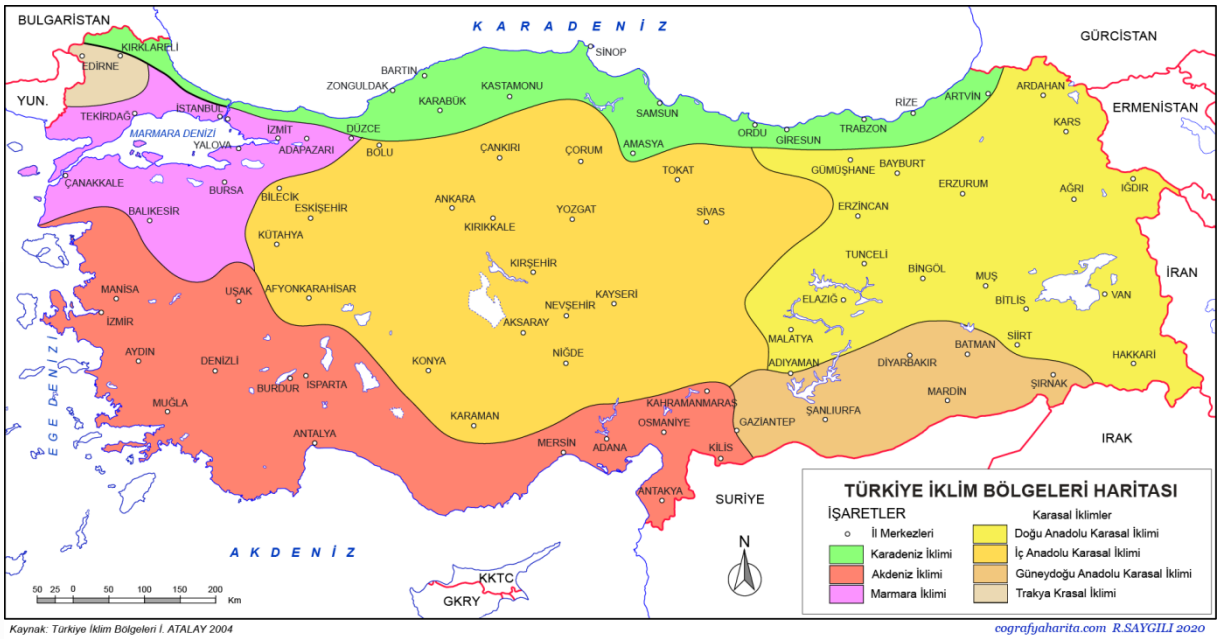
Şekil 2.1. Adana Konum Haritası

Kaynak: Coğrafya Harita, t.y. b

2.2 İklim ve Bitki Örtüsü

Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Adana, tipik Akdeniz iklimi özellikleri taşıyan yani kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen bir ildir (Şekil 3.3). Ortalama yağış miktarı 625 mm olan bölgenin yaklaşık 74 günü yağış görülebilmektedir. Dağlık kesimlerde ise bu yağışın yükseltiye

ve yüzey şekline göre değiştiği, Saimbeyli (805mm) ve Feke (930.5mm) ilçelerinde yağış miktarının arttığı gözlemlenir. Adana il genelinde, ortalama nem %66 olarak karşımıza çıksa da yaz mevsiminde bu değerin %90'ın üzerinde olduğu belirtilmektedir. En soğuk ay Ocak, en sıcak ay ise Ağustos ayıdır.



Şekil 2.2. Türkiye İklim Bölgeleri Haritası

Kaynak: Coğrafya Harita, t.y.c

Yerleşim yerleri ve tarım alanlarının bulunduğu alçak bölgelerde doğal bitki örtüsü büyük tahribata uğramıştır. Öncede bu bölgelerin doğal bitki örtüsü dayanıklı kızılçam ve meşe ormanlarında oluşmakta iken ormanların yok edilmesi sonucu maki topluluğu ortaya çıkmıştır. 800 m'den yükseltiden başlayan ormanlarda ise alçaktan yükseklere doğru sırasıyla; yayvan yapraklı ağaçlar (çoğunluğu meşe) ve iğne yapraklı ağaçlar (sedir) görülmektedir (T.C. Çevre, Şehir ve İklim Değişikliği Bakanlığı, t.y.c).

2.3 Tarım

TÜİK son verilerine göre; 2.263.373 nüfusa sahip Adana'da ÇKS (Çiftçi Kayıt Sistemi) kayıtlı çiftçi sayısı 32.736 kişi olarak verilmiştir. 13.844 km^2 yüz ölçümüne sahip olan Adana 4 milyon 869 bin 874 dekarlık toplam tarım alanına sahiptir. 498 bin 371 dekar mera alanı, 78 bin 930 dekar nadas alanı bulunmaktadır. Coğrafi yapısı ve iklim özelliklerinin uygunluğu Adana ilinin, tarımsal ürün miktarı ve çeşitliliğinde ön plana çıkmasını sağlamaktadır. Türkiye'nin en verimli topraklarından olan Çukurova'da tarımsal ürün olarak başlıca buğday, mısır, ayçiçeği, zeytin, portakal, mandalina, limon, karpuz, kavun, pamuk, üzüm, yerfıstığı, soya, patates, nohut, arpa, soğan, fasülye, bakla, domates, biber gibi bir çok ürün üretimi sağlanmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022d).

2.4. Anket Çalışması

Literatür çalışması ve veri toplama işlemleri sonrası konuya uygun olarak bir anket çalışması tasarlanmıştır. Anket çalışmamızda Adana İlinde yoğun tarım faaliyetlerinin gerçekleştiği 9 ilçe (Ceyhan, İmamoğlu, Karaisalı, Karataş, Kozan, Sarıçam, Seyhan, Yumurtalık ve Yüreğir) seçilmiş ve ankete katılan çiftçilere yetiştirdiklerin öncelikle sosyo-demografik yapıları, yetiştirdikleri tarım ürünleri, ürün hasadından sonra oluşan tarımsal atıkların bertarafında

izledikleri yol, tutum ve eğilimleri, biyokütle enerjisine olan bakış açıları konularında bilgi seviyeleri ölçülmüştür. Anket sonucu elde edilen veriler ışığında tarımsal atıklardan oluşması muhtemel enerji potansiyeli hakkında bilgi sahibi olunmuştur.

3.Bulgular

Yaptığımız anket çalışması ve anket çalışması sonucunda ulaşılan bulgular aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Yaptığımız çalışmada, Adana'da tarımla uğraşan 205 çiftçiye yöneltilen anket soruları ve yapılan derin literatür araştırması ile; bölgede yoğun olarak yetiştirilen tarımsal ürün türleri ve açığa çıkan tarımsal atıklar ile ilgili tespitlerde bulunarak farkındalık düzeyini ölçmek, Adana'nın tarımsal atık kaynaklı biyokütle potansiyelini tespit etmek ve Adana'da yapılabilecek bir biyokütle tesisi için öneriler geliştirebilmek ve literatüre katkı sağlamak hedeflenmiştir.

Adana ilinin yoğun tarım faaliyetlerinin gerçekleştiği Ceyhan, İmamoğlu, Karaisalı, Karataş, Kozan, Sarıçam, Seyhan, Yumurtalık ve Yüreğir ilçelerinde tarımla uğraşan 205 kişi ile yapılan 34 soruluk yüz yüze anket çalışmamızda; tarım arazileri ve bu arazilerde ekilen ürünler ile yapılan tarım sonucu oluşan tarımsal atıklar hakkında detaylı bilgi alınmıştır. Anket çalışması alanında uzman, gerekli tüm şartları taşıyan bir yüklenici firmanın yanıtlayıcı kişilerle yüz yüze görüşmeleri ile gerçekleştirilmiştir. Anket yapılan kişilerin iletişim bilgileri gönüllülük esasına göre alınarak ön test için rastgele seçilen kişiler ile denetlemeler yapılmıştır. Anket formu kapsamında toplanan veriler; SPSS 25.0.0 programında yüzdelik olarak değerlendirilmiştir.

Araştırma çerçevesinde katılımcıların demografik bilgileri ele alındığında; bireylerin %98,5'ini erkek, %1,5'ini de kadınlar oluşturmaktadır. Ankete katılanların yaş grupları ele alındığında ise %36,1'inin 33-42 yaş grubu, %29,8'inin 22-32 yaş grubu, %24,4'ünün 43-53 yaş grubu, %9,8'inin de 18-21 yaş grubunda yer aldığı görülmektedir. Katılımcıların eğitim durumu dağılımları değerlendirildiğinde; %40'ının ortaokul mezunu, %35,1'inin ilkokul mezunu, %23,9'unun lise mezunu ve %1,0'inin okulu bitirmemiş olduğu gözlenmektedir.
Araştırmada tamamı çiftçi olan katılımcılara ''Evinize en çok gelir getiren kişinin mesleği nedir?'' sorusu yöneltildiğinde; cevap %100 çiftçi olarak sonuçlanmıştır. Araştırma katılımcıları ''Hangi ürünleri yetiştiriyorsunuz?'' sorusuna, %36,1 oranında buğday, % 21,5 arpa, %9,5 mısır, %7,5 soya, %7,3 ayçiçeği, %6,3 pamuk, %6,1 şeker pancarı, %2,0 patates, %1,2 fiğ, %1,2 biber, %0,8 narenciye ve %0,4 zeytin yanıtını vermişlerdir.
Araştırmaya katılan 205 kişi ''Köyünüzde anız yakılır mı?'' sorusuna %72,7 oranında hayır, %25,9 oranında evet ve %1,5 oranında ise kısmen olarak cevap vermiştir.
205 katılımcıya yöneltilen ''Bu atıkları işleyerek (biyokütle) enerjiye dönüştüren fabrikalar gelip atıklarınızı alsalar onlar için bekletir misiniz?'' sorusu, %53,2 oranında hayır, %46,8 oranında ise evet olarak yanıtlanmıştır.

4.Sonuç ve Öneriler

Anketimizde verilen cevaplar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Sonuç olarak baktığımızda Adana ilinde Ceyhan, İmamoğlu, Karaisalı, Karataş, Kozan, Sarıçam, Seyhan, Yumurtalık ve Yüreğir ilçelerinde 205 çiftçi ile yapılan görüşmelerden elde edilen veriler ışığında bölgede buğday, arpa, mısır, soya, ay çiçeği, pamuk, şeker pancarı, patates, biber, fiğ, narenciye, zeytin ürünlerinin yetiştiği görülmektedir. TÜİK verilerine göre 4.871.854.0 dekarlık bir tarım alanına sahip olan Adana ilindeki ürün çeşitliliği ve yapılan tarım sonrası oluşan atığın önemli miktarda biyokütle enerjisine dönüşebileceği öngörülmektedir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2021).

Biyokütle kaynağı; kolay bulunabilirliği ve tükenmez bir enerji kaynağı olması sebebi ile özellikle kırsal alanlardaki çiftçilerimizin sosyo-ekonomik durumuna katkıda bulunabilecek bir enerji kaynağıdır. Elde edilme yöntemleri göz önünde bulundurulduğunda, biyokütle enerjisinin çevreye zararının neredeyse yok denecek kadar az olması, atmosfere daha az emisyon salınımından dolayı çevresel sorunların önlenmesine katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda ülkemiz ve bölgemiz adına yerli ve milli bir enerji kaynağı olarak kullanılacak olması önem arz

etmektedir. Tarım faaliyetleri Türkiye ekonomisi açısından önemlidir bu sebeple sürdürülebilir bir tarım politikası gözetmek gerekmektedir. Tarımsal faaliyetlerin önemi kadar sonrasında oluşan tarımsal atık kullanılabilirliği de bir o kadar önemlidir ve izlenmesi gereken tarım politikalarında bu konuya mutlaka yer verilmelidir.

Teşekkür

21303010 nolu "Adana İlinin Tarımsal Atık Kaynaklı Biyokütle Potansiyelinin Araştırılması" isimli proje Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Hakyemez, M.E. (2011) *İstanbul Kilyos (Kumköy) Bölgesinin Rüzgar Kaynaklı Enerjiler Açısından Değerlendirilmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.

[2] Türkiye İstatistik Kurumu, Veri Portalı. Coğrafi İstatistik Portalı, Tarım Alanı (dekar) 2021. Erişim Tarihi: 8 Haziran 2022. https://cip.tuik.gov.tr/#

Presentation ID / Sunum No: 101

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-0431-6427

Marulun Bazı Besin Elementleri İçeriğine Oksalik Asit Uygulamalarının Etkisi

Araştırmacı Büşra Sonkaya[1], Doç.Dr. Halime Özdamar Ünlü[1], Arş.Gör. Enise Sukuşu[1], Prof.Dr. Veli Uygur[2]

[1] Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü

[2]Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

*Corresponding author: Büşra Sonkaya

Özet: *Bu çalışmada, oksalik asit uygulamalarının marul yetiştiriciliğinde bitki besin elementleri üzerine olan etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Doğal bir organik asit olan oksalik asit, kalsiyum düzenlenmesi, iyon dengesi, ağır metal detoksifikasyonu, hayvanlara ve patojenlere karşı savunma sistemi, meyvelerde sekonder metabolitlerin sentezini artırma, zararlıları ve çürümeyi kontrol etme, ürünlerin raf ömrünü uzatma, üşüme zararını engelleme ve etilen üretimini azaltma gibi birçok fizyolojik olayı etkilemektedir. Bitkisel materyal olarak Yedikule 5107 marul çeşidi kullanılan çalışmada; yapraktan 4 farklı dozda (0-2-4-6 mM) 3 kez oksalik asit uygulaması yapılmıştır. Farklı dozlarda oksalik asit uygulamalarının sonucunda marulda P, K, Mg, Fe ve Mn değerlerinin sırasıyla; 7.39-8.40 g/kg, 54.4-75.4 g/kg, 2.13-2.71 g/kg, 161-202 mg/kg ve 38.3-48 mg/kg arasında değişim gösterdikleri saptanmıştır. Çalışma sonucunda özellikle 4 ve 6 mM oksalik asit uygulamalarının marulda besin elementi içeriklerini olumlu yönde etkilediği saptanmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Marul, Oksalik Asit, Besin Elementleri*

Effect of Oxalıc Acıd Applıcatıons On Some Nutrıtıonal Elements Content of Lettuce

Abstract*: In this study, it was aimed to reveal the effects of oxalic acid applications on plant nutrients in lettuce cultivation. Oxalic acid, which is a natural organic acid, has many properties which affect many physiological events such as calcium regulation, ion balance, heavy metal detoxification, defense system against animals and pathogens, increasing the synthesis of secondary metabolites in fruits, controlling pests and decay, extending the shelf life of products, preventing chill damage and reducing ethylene production. Yedikule 5107 lettuce variety was used as plant material in the study. Oxalic acid was applied to the leaves at 4 different doses (0-2-4-6 mM) 3 times. As a result of oxalic acid applications at different doses, the values of P, K, Mg, Fe, and Mn in lettuce varied between 7.39-8.40 g/kg, 54.4-75.4 g/kg, 2.13-2.71 g/kg, 161-202 mg/kg and 38.3-48 mg/kg, respectively. In result, it was determined that especially 4 and 6 mM oxalic acid applications positively affected the nutrient content of lettuce.*

Keywords: *Lettuce, Oxalic Acid, Nutrient Elements*

Giriş

Marul (*Lactuca sativa* L.) Compositae familyasında yer alan sebze türlerinden biridir (Ryder, 1986). Pitrat (2012) tarafından, marulun anavatanının Avrupa ve Güneybatı Asya olduğu kanıtlanmıştır (Hassan vd., 2021). Marul, dünya çapında üretimi yapılan ve yıl boyunca tüketilen en önemli yapraklı sebzelerden biridir (Fukuda vd., 2009). 2020 yılı verilerine göre dünyada toplam marul üretimi, 27 660 187 ton olup ülkemiz 9. sırada yer alarak önemli bir konumda olduğu görülmektedir (FAO, 2022).

Ülkemizdeki son 10 yıldaki marul üretim verileri değerlendirildiğinde yaklaşık %27 oranında bir artışın olduğu görülmektedir. 2021 yılı verilerine göre ülkemizde 211 352 da alanda; 234 048 tonu kıvırcık marul, 212 091 tonu göbekli marul ve 94 430 tonu iceberg marul olmak üzere toplam 540 569 ton marul üretimi söz konusu olup, bu üretimin yaklaşık %27'si örtü altından karşılanmaktadır. Bölgeler bazında ise ülkemizde marul üretiminin yaklaşık %37'si Akdeniz bölgesinde gerçekleşmektedir (TÜİK, 2022).

Son dönemlerde tüketicilerin sosyal, kültürel, ekonomik ve kişisel özelliklerindeki değişimleri gıda ürünlerindeki beklentilerini de değiştirmiştir. Artık tüketicilerin, ürünlerin fiyatlarından ziyade daha çok sağlıklı, kaliteli, güvenli gıda ve beslenme üzerinde ilgileri yoğunlaşmıştır (Özçiçek-Dölekoğlu, 2003). Özellikle son yıllarda ortaya çıkan farklı hastalıklar gıdaların sadece besleyici özelliklerinin değil, insan sağlığı üzerindeki olumlu katkılarının da ön plana çıkmasına neden olmuştur. Fonksiyonel gıda olarak anılan bu gıdalar gerek tüketicilerin sağlıklı olmasında gerekse hastalık risklerini (kardiyovasküler hastalıkları, obezite, diyabet gibi bazı kronik hastalıkları) azaltmakta önemli rol oynamaktadırlar (Al Zuhairi ve Doğan, 2021). Fonksiyonel gıdalar grubuna giren sebzelerin biyoaktif bileşikler açısından insan sağlığı için faydaları söz konusudur (Coria-Cayupán vd., 2009). Özellikle herhangi bir işlem görmeden doğrudan tüketilebilmeleri bu önemlerini artırmaktadır.

Dengeli beslenme için oldukça uygun olan marul, yağsız, düşük kalorili, önemli bir A vitamini, folik asit ve demir kaynağıdır (Duke ve Ayensu, 1985; Kim vd., 2016). Tüketim için kolay hazırlanmasının yanı sıra, C ve E vitaminleri, polifenoller, lifler, tokoferoller ve lutein gibi sağlığı geliştirici bileşikler açısından oldukça zengin bir sebze türüdür (Hooper ve Cassidy, 2006).

Dünya nüfusu her geçen gün hızlı bir şekilde artış göstermekte olup, nüfusun talebini karşılamak için tarımsal üretimde sürdürülebilir çalışmaların yapılması gereklilik arz etmektedir (Sunar ve Bulut, 2019). Bu durum birim alandan daha fazla ürün alınması zorunluluğunu ortaya koymaktadır (Kaya, 2022). Bu talebi karşılayacak tarımsal üretim kollarından birisi de sebzeciliktir. Günümüzde modern sebze tarımında verim ve kaliteyi artırmak için üretimde çeşitli yöntem ve tekniklere başvurulmaktadır (Mohamed, 2022). Aynı zamanda artan dünya nüfusunun gıda ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla her geçen gün daha ekonomik ve aynı zamanda çevreci yeni çözümler ve teknolojiler araştırılmaktadır (Kaya, 2022). Son dönemlerde bitki büyüme düzenleyicilere alternatif olabilecek bileşiklerden biri ise oksalik asittir.

Oksalik asit, hayvanlarda, bitkilerde ve diğer organizmalarda yaygın olarak bulunan doğal bir üründür. Bazen serbest bir asit olarak ortaya çıkar, ancak daha yaygın olarak bir kalsiyum tuzu olarak ortaya çıkar (Çalışkan, 2000). Bitkilerde son bir metabolit ürünü olan oksalik asit, savunma ile ilgili enzim aktivitelerini ve fenolikler gibi sekonder metabolitleri artırarak (Martínez-Esplá vd., 2014) bitkilerin çevresel streslerine karşı dayanıklılığını artıran organik bir asittir (Liang vd., 2009). Ayrıca oksalik asit ile ilgili literatürler incelendiğinde, bitkilerde kalsiyum düzenleme, iyonik denge, ağır metal detoksifikasyonu, hayvanlara ve patojenlere karşı savunma sistemi üzerinde etkili olmasının yanında (Çalışkan, 2000; Smith, 2002; Nakata, 2003); bitkilerdeki enzimatik kararmaların azaltılmasında, ürünlerin raf ömrünü uzatmada, üşüme zararını engellemede etkili olduğu saptanmıştır (Kurucu, 2019). Araştırmacılar oksalik asit ile ilgili daha fazla metabolik araştırmaların yapılması gerektiğini bildirmişlerdir (García-Pastor vd., 2020).

Bitkiler tarafından alınan makro ve mikro besin elementlerinin bitki bünyesinde farklı işlevleri vardır. Bitkinin koyu yeşil renk almasında ve güçlü bir vejetatif gelişmede azot (N), üreme organlarının gelişiminde, ATP ve ADP bileşiklerinin oluşumunda fosfor (P), stomaların açılıp kapanmasıyla birlikte ozmatik basıncın dengelemesinde potasyum (K), hücrelerin bölünüp uzamasında, NO_3^- iyonunun alımının arttırılmasında kalsiyum (Ca) ve aminoasitlerden polipeptit zincirlerinin oluşumunda magnezyum (Mg) görev almaktadır. Fotosentezde ışık enerjisini absorbe eden klorofilin bileşiminde N ve Mg bulunmaktadır. Bu nedenle bu elementler fotosentezde önemli rol oynamaktadır (Havlin vd., 1999).

Bitkilerin klorofil sentezinde demir (Fe), melanin ve lignin benzeri polimerlerin oluşumunda bakır (Cu) ve gelişme hormonlarının üretiminde çinko (Zn) önemli etkiye sahip iken (Havlin vd., 1999), mangan (Mn) ise enzimlerin aktive edilmesinde ve fotosentezde önemli bir role sahiptir (Marschner, 2012).

Bitkilerde önemli etkiye sahip makro ve mikro besin elementleri üzerine doğal organik bir asit olan oksalik asit uygulamasının maruldaki etkisini belirlemek amacıyla tarla denemesi yürütülmüştür. Denemede farklı dozlarda uygulanan oksalik asidin (0, 2, 4 ve 6 mM), marulda bazı makro (N, P, K, Ca, Mg) ve mikro (Fe, Cu, Zn ve Mn) bitki besin elementleri içeriği üzerine olan etkileri belirlenmiştir.

Materyal ve Metot

Çalışmada Anamas Tohum Ltd. Şti. (Antalya) firmasından temin edilen Yedikule 5701 marul çeşidine ait fideler bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Araştırma alanı 37° 48' kuzey enlemi, 30° 38' doğu boylamı arasında ve rakımı 1 020 m olan Isparta (Aliköy köyü) ekolojik koşullarında yer almıştır (Anonim, 2022). Çalışmanın gerçekleştiği dönemde (Eylül-Ekim-Kasım) ortalama sıcaklık 20°C, 15.7°C ve 9.8°C, ortalama nispi nem ise %50.1, %59.1 ve %71.6 olarak belirlenmiştir. Toprağa ait genel özellikler ise aşağıdaki Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme Toprağına Ait Genel Özellikler

Toprak Özellikleri	Analiz Sonucu	Değerlendirme
EC (dS/m)	0.12	Tuzsuz
pH	8.38	Alkali
Kireç (%)	5.75	Orta
Organik Madde (%)	1.81	Düşük
Azot (mg/kg)	497	Düşük
Fosfor (mg/kg)	7.00	Düşük
Potasyum (mg/kg)	718	Çok yüksek
Kalsiyum (mg/kg)	4 900	Yüksek
Magnezyum (mg/kg)	436.	Orta
Demir (mg/kg)	1.91	Düşük
Bakır (mg/kg)	1.34	Orta
Mangan (mg/kg)	12.6	Orta
Çinko (mg/kg)	0.31	Düşük

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak planlanmış ve her tekerrürde 60 bitki olacak şekilde kurulmuştur. 03.09.2019 tarihinde, 40 x 25 cm sıra arası ve sıra üzeri mesafelerinde fide dikimleri gerçekleştirilmiştir. %0.5 oranında Tween 20 (Merck) ilave edilmiş 0, 2, 4 ve 6 mM dozlarındaki oksalik asit (Merck) uygulamaları yapraktan fide dikiminden itibaren 10 gün aralıklarla 3 kez yapılmıştır. Toprak analiz sonuçları dikkate alınarak fide dikiminden önce çalışma alanına dekara 20 kg DAP gübresi uygulanmıştır. Fide dikiminde, fide dikiminden 10. günde ve 20. günde olmak üzere toplamda dekara 10 kg amonyum sülfat verilmiştir. Ayrıca, dekara 2 kg olacak şekilde fide dikiminden 17 gün sonra çinko sülfat uygulanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde Minitab (17) Inc. Paket programı kullanılmıştır.

Varyasyonları belirlemek amacıyla ANOVA testi kullanılmış ve uygulamalardan kaynaklanan element konsantrasyonundaki değişimler Tukey testi ile $p<0.05$ güven sınırında belirlenmiştir.

Bulgular, Tartışma ve Sonuç

Makro Besin Elementleri

Oksalik asit uygulamalarının marulda makro besin elementleri (N, P, K, Ca, Mg) üzerine olan etkileri Tablo 2'de sunulmuştur. Tablo 3 incelendiğinde oksalik asit uygulamalarının makro elementlerden N ve Ca miktarları üzerine olan etkilerinin istatistiki olarak önemsiz ($p<0.05$) olduğu; P, K ve Mg miktarları üzerine olan etkilerinin ise $p<0.05$ seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Oksalik Asit Uygulamalarının Makro Besin Elementleri Üzerine Etkileri

UYGULAMALAR	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)
Kontrol	27.6 ö.d.	7.86 b	54.4 b	31.3 ö.d.	2.28 ab
2 mM	26.9	7.39 b	60.0 b	31.0	2.13 b
4 mM	25.7	8.40 a	74.6 a	33.2	2.53 ab
6 mM	25.8	7.76 b	75.4 a	35.2	2.71 a

*: Aynı harfle gösterilmeyen ortalamalar arasındaki farklar $P<0.05$ düzeyinde önemlidir.
Ö.D.: Önemli Değil

Çalışmada uygulamalara göre N değerlerinin 25.7-27.6 g/kg arasında değiştikleri belirlenmiştir. Yıldırım vd. (2016), Odabaş (2019), Yassen vd. (2020), Demir ve Kıran (2020) ve Jokinen vd. (2022) gibi farklı araştırmacıların marulda yaptıkları çalışmalar incelendiğinde N miktarı değerlerinin 16.2-29.6 g/kg arasında değiştiği saptanmıştır. Bu sonuçların çalışmamızla uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Çalışmada uygulamalara göre P değerlerinin 7.39-8.40 g/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek P değeri 4 mM uygulamasında saptanmıştır (Tablo 2). Baş marullarda tipik yeterlilik sınırı 4.5-8 g/kg arasında olduğu Jones vd. (1991) tarafından bildirilmiştir. Ayrıca Oral ve Uygur (2018) toprağa uygulanan oksalik asidin bitkinin topraktan kaldırdığı P miktarını arttırdığı bildirilmiştir.

Çalışma sonucunda Tablo 2 incelendiğinde, uygulamalara göre marulda K değerlerinin 54.4-75.4 g/kg arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Uygulamalar içerisinde en düşük K değerleri kontrol ve 2 mM uygulamalarında saptanırken, en yüksek K değerleri ise 4 mM ve 6 mM oksalik asit uygulamalarında elde edilmiştir. Marul bitkisinde yapılan diğer çalışmalarda K değerlerinin 41.8-77.6 g/kg (Oymak, 2018; Odabaş, 2019; Weil vd., 2021) arasında değişim gösterdiği ve bu sonuçların bizim bulgularımızla paralellik gösterdiği saptanmıştır.

Uygulamalara göre Ca değerleri 31.0-35.2 g/kg arasında değişim göstermiştir. En yüksek Ca değeri 6 mM oksalik asit uygulamasından elde edilirken, en düşük Ca değeri 2 mM oksalik asit uygulamasında gözlemlenmiştir. Olgun baş marulda Ca miktarının 20-28 g/kg arasında yeterli olduğu bildirilmiştir (Jones vd., 1991). Oksalik asit uygulamalarının genelde marulun Ca içeriğini artırmıştır.

Tablo 2 incelendiğinde uygulamalara göre marulun Mg değerlerinin 2.13-2.71 g/kg arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Uygulamalar içerisinde en düşük değer 2 mM (2.13 g/kg) uygulamasında saptanırken, en yüksek Mg değeri 6 mM oksalik asit uygulamasında (2.71 g/kg) elde edilmiştir. Marulda yapılan farklı çalışmalar sonucunda Mg değerlerinin 1.42-3.4 g/kg arasında değişim gösterdiği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Oymak, 2018; Odabaş, 2019; Kowalska ve Konieczny, 2019; Yassen vd., 2020; Demir ve Kıran, 2020). Tüm bu bildirişler bizim bulgularımızla örtüşmektedir. Magnezyum içeriği özellikle 4 ve 6 mM uygulamalarında belirgin bir şekilde artmıştır.

Gerçekleştirmiş olduğumuz çalışmada kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında makro besin elementlerinden P değeri 4 mM oksalik asit uygulamasında %6.8, K ve Mg değerleri ise 6 mM oksalik asit uygulamasında sırasıyla %38.6 ve %18.8 oranlarında artmıştır. Çalışmamıza benzer olarak arpa bitkisinde uygulanan oksalik asitin N, K ve Ca değerlerini artırdığı saptanmıştır (Oral ve Uygur, 2018). Çilekte yapılan farklı bir çalışmada ise oksalik asit uygulamasının makro besin elementlerinde olumlu bir artışa sebep olduğunu; P değerini 2.5 kat, K değerini ise 1.75 kat artırdığı bildirilmiştir (Anwar vd., 2018). Pérez-Labrada vd. (2019), gerçekleştirdikleri çalışmalarında oksalik asit uygulamasının kontrol grubuna göre bitkide besin elementlerinin konsantrasyonlarını artırdığını saptamışlardır. Ayrıca, Oral ve Uygur (2018), gerçekleştirdikleri çalışmalarında oksalik asitin P fraksiyonları ile etkileşime girdiğini ve bitkilerin P alımını kolaylaştırdığını bildirmişlerdir. Oksalik asit uygulamaları özellikle düşük sıcaklıktan kaynaklanan besin elementi alımındaki azalmalardan daha fazla etkilenen Mg, P, Ca gibi elementlerin (Kacar ve Katkat, 2010) alımına katkı sağladığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada olduğu gibi sonbahar/kış dönemine gelen yetiştiriciliklerde kullanımı önerilebilir.

Mikro Besin Elementleri

Tablo 3 incelendiğinde oksalik asit uygulamalarının Cu, Zn miktarları üzerine olan etkilerinin istatistiki olarak önemsiz ($p<0.05$) olduğu; Mn ve Fe miktarları üzerine olan etkilerinin ise $p<0.05$ seviyesinde önemli olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Oksalik Asit Uygulamalarının Mikro Besin Elementleri Üzerine Etkileri

UYGULAMALAR	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Kontrol	18.0 Ö.D.	38.3 b	161 b	42.1 Ö.D.
2 mM	20.0	40.7 b	176 ab	41.7
4 mM	18.1	41.0 b	202 a	49.5
6 mM	21.1	48.0 a	197 ab	45.9

*: Aynı harfle gösterilmeyen ortalamalar arasındaki farklar $p<0.05$ düzeyinde önemlidir.
Ö.D.: Önemli Değil

Çalışma sonucunda uygulamalara göre Cu, Mn, Fe ve Zn değerlerinin sırasıyla; 18.0-21.1 mg/kg, 38.3-48.0 mg/kg, 161-202 mg/kg ve 41.7-49.5 mg/kg arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Uygulamalara göre en yüksek Cu ve Mn değerleri 6 mM oksalik asit uygulamasında, en yüksek Fe ve Zn değerleri ise 4 mM oksalik asit uygulamasında elde edilmiştir.

Marul bitkisinde yapılan diğer çalışmalarda Cu değerlerinin 13.3-28.7 mg/kg (Amoozgar vd., 2017); Mn değerlerinin 10.8-85.7 mg/kg (Yıldırım vd., 2016; Amoozgar vd., 2017); Fe değerlerinin 124.8-181.4 mg/kg (Smoleń vd., 2016); Zn değerlerinin 6.29-90.8 mg/kg (Yıldırım vd., 2016; Amoozgar vd., 2017; Demir ve Kıran, 2020; Macuphe vd., 2021) arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Bu değerlerin bulgularımızla uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Gerçekleştirmiş olduğumuz çalışmada kontrol uygulaması ile kıyaslandığında mikro besin elementlerinden Mn değerinin 6 mM oksalik asit uygulamasında %25.3 oranında ve Fe değerinin ise 4 mM oksalik asit uygulamasında %25.4 oranında arttığı tespit edilmiştir. Oral ve Uygur (2018), arpada gerçekleştirdikleri çalışmalarında, oksalik asit uygulamasının Zn değerlerini artırdığını bildirmişlerdir. Uludağ (2021), rokada yaptığı çalışmasında oksalik asit uygulamasının mikro besin elementlerini artırdığını saptamıştır. Bu çalışmalar bulgularımızla paralellik göstermektedir. Organik asitler bazı bitkilerin fazla miktardaki katyonlarla, değişen ozmotik koşullarla, besin elementi eksiklikleri ile başa çıkılmasında ve bitki hücrelerindeki pH dengelenmesinde (Raven, 1977) kullanılan mekanizmalardaki anahtar bileşenlerdir. Ayrıca, oksalik asit çok değerlikli katyonlarla güçlü şelatlama yeteneğine sahiptir (El-Shabrawi vd., 2015) ve bitki yapraklarında özellikle Zn gibi metalleri bağlayan ligandlar olarak görev alır (Seregin ve Kozhevnikova, 2021). Diğer taraftan erken dönemde pulverizasyonla yapılan uygulamalar önemli miktarlarda oksalik asit doğrudan toprakla da temasa geçmektedir. Bu da toprakta oluşturduğu

reaksiyonlar neticesinde Fe, Mn gibi oksitlerin çözünmesini ve bitkiye yarayışlılığını artırmaktadır (Oral ve Uygur, 2018).

Çalışma sonucunda en yüksek P, K ve Fe değerleri 4 mM oksalik asit uygulamasında saptanırken; en yüksek Mg ve Mn değerleri 6 mM oksalik asit uygulamasında elde edilmiştir.

Tüm veriler birlikte değerlendirildiklerinde marul yetiştiriciliğinde oksalik asit uygulamalarının besin elementi değerlerinde genel anlamda olumlu katkılar sağladığı görülmüştür. Sonuç olarak, oksalik asit uygulamalarının özellikle düşük sıcaklıklardan fazlaca etkilenen elementlerin alımına ekstra bir katkı sağlaması ve üşüme zararını hafifletici fizyolojik etkisi nedenleriyle, soğuk dönemde yapılan yetiştiriciliklerde kullanımı önerilebilir.

Kaynaklar

Al Zuhairi, S. & Doğan, M. (2021). Fonksiyonel gıdaların gastronomideki önemi. ART/icle: Sanat ve Tasarım Dergisi, *1*(2), 249-267.

Amoozgar, A., Mohammadi, A. & Sabzalian, M. R. (2017). Impact of light-emitting diode irradiation on photosynthesis, phytochemical composition and mineral element content of lettuce cv. Grizzly. *Photosynthetica, 55*(1), 85-95. doi: 10.1007/s11099-016-0216-8.

Anonim (2022). Araştırmanın gerçekleştirildiği aliköy köyü konumu. https://www.haritatr.com/alikoy-koyu-haritasi-m523f (Son erişim tarihi: 16.03.2022)

Anwar, R., Gull, S., Nafees, M., Amin, M., Hussain, Z., Khan, A. S. & Malik, A. U. (2018). Pre-harvest foliar application of oxalic acid improves strawberry plant growth and fruit quality. *Journal of Horticultural Science and Technology, 1*(1), 35-41. doi: 10.46653/jhst180101035

Coria-Cayupán, Y. S., Sánchez de Pinto, M. I. & Nazareno, M. A. (2009). Variations in bioactive substance contents and crop yields of lettuce (Lactuca sativa L.) cultivated in soils with different fertilization treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(21), 10122-10129. doi: 10.1021/jf903019d.

Çalışkan, M. (2000). The metabolism of oxalic acid. *Turkish Journal of Zoology*,*24*(1),103-106. https://journals.tubitak.gov.tr/zoology/vol24/iss1/12

Demir, Z. & Kıran, S. (2020). Effect of vermicompost on macro and micro nutrients of lettuce (*Lactuca sativa var. Crispa*) under salt stress conditions. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23*(1), 33-43. doi:10.18016/ksutarimdoga.vi.579695.

Duke. J. A. & Ayensu. E. S. (1985). *Medicinal Plants of China*. Reference Publications, Inc.

El-Shabrawi, H.M., Bakry, B.A., Ahmed, M.A. & Abou-El-Lail, M. (2015). Humic and oxalic acid stimulates grain yield and ınduces accumulation of plastidial carbohydrate metabolism enzymes in wheat grown under sandy soil conditions. *Agricultural Sciences, 6*, 175-185. doi:10.4236/as.2015.61016

FAO (2022). Crops and livestock products. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (Son erişim tarihi: 26.03.2022)

Fukuda, M., Matsuo, S., Kikuchi, K., Mitsuhashi, W., Toyomasu, T. & Honda, I. (2009). The endogenous level of GA(1) is upregulated by high temperature during stem elongation in lettuce through LsGA3ox1 expression. *J. Plant Physiol. 166*, 2077–2084. doi: 10.1016/j.jplph.2009.06.003

García-Pastor, M.E., Giménez, M.J., Valverde, J.M., Guillén, F., Castillo, S., Martínez Romero, D., Serrano, M., Valero, D. & Zapata, P.J. (2020). Preharvest application of oxalic acid improved pomegranate fruit yield, quality, and bioactive compounds at harvest in a concentration dependent manner. *Agronomy, 10*(10), 1-17. doi:10.3390/agronomy10101522

Hassan, M. N., Mekkawy, S. A., Mahdy, M., Salem, K. F. & Tawfik, E. (2021). Recent molecular and breeding strategies in lettuce (Lactuca spp.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, *68*(8), 3055-3079.

Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., & Nelson, W. L. (1999). Toprak verimliliği ve gübreler. (Çev. Güzel, N., Gülüt, K. Y. & Büyük, G.). Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

Hooper, L. & Cassidy, A. (2006). A review of the health care potential of bioactive compounds. *J. Sci. Food Agric. 86*, 1805–1813. doi: 10.1002/jsfa.2599

Jokinen, K., Salovaara, A. K., Wasonga, D. O., Edelmann, M., Simpura, I. & Mäkelä, P. S. (2022). Root-applied glycinebetaine decreases nitrate accumulation and improves quality in hydroponically grown lettuce. *Food Chemistry, 366*, 1-9. doi:10.1016/j.foodchem.2021.130558

Jones, Jr. J.B., Wolf, B. & Mills, H.A. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc. USA.

Kacar, B., & Katkat, V. (2010). *Bitki Besleme*. Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Kızılay-Ankara.

Kaya, T. (2022). *Farklı Dalga Boylu Led Aydınlatma Uygulamalarının Domates (Lycopersicon Esculentum L.) Fidelerinin Gelişimi, Kalite Özellikleri Ve Mineral Element İçeriklerine Etkileri*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Kim, M. J., Moon, Y., Tou, J. C., Mou, B. & Waterland, N. L. (2016). Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (Lactuca sativa L.). *Journal of Food Composition and Analysis, 49*, 19-34. doi: 10.1016/j.jfca.2016.03.004.

Kowalska, I. & Konieczny, A. (2019). Effect of mycorrhiza on yield and quality of lettuce grown on medium with different levels of phosphorus and selenium. *Agricultural and Food Science, 28*(2), 84-92. doi:10.23986/afsci.78169.

Kurucu, Ş. N. (2019). *Hasat Öncesi Oksalik Asit Uygulamalarının Aprikoz ve Roksana Kayısı Çeşitlerinde Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).

Liang, Y., Strelkov, S. E. & Kav, N. N. V. (2009). Oxalic acid-mediated stress responses in *Brassica napus* L. *Proteomics, 9*, 3156-3173. doi:10.1002/pmic.200800966

Macuphe, N., Oguntibeju, O. O. & Nchu, F. (2021). Evaluating the endophytic activities of beauveria bassiana on the physiology, growth, and antioxidant activities of extracts of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Plants, 10*(6), 1-15. doi:10.3390/plants10061178

Martínez-Esplá, A., Zapata, P. J., Valero, D., García-Viguera, C., Castillo, S. & Serrano, M. (2014). Preharvest application of oxalic acid increased fruit size, bioactive compounds, and antioxidant capacity in sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62*(15), 3432-3437. doi:10.1021/jf500224g

Marschner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. (Third edition). USA: Elsevier.

Mohamed, O. A. (2022). *Tüplü Domates Fidesi Yetiştiriciliğinde Farklı Bakırlı Fungusit Uygulamalarının Boy Kontrolü Ve Kalite Üzerine Etkileri.* (Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Nakata, P. A. (2003). Advances in our understanding of calcium oxalate crystalformation and function in plants. *Plant Science, 164*(6), 901-909. doi:10.1016/S0168-9452(03)00120-1.

Odabaş, M. B. (2019). *Farklı Humik Asit Uygulama Dozları ve Azotlu Gübrelerin Marulun Gelişimi İle Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi.* (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Oral, A. & Uygur, V. (2018). Effects of low-molecular-mass organic acids on P nutrition and some plant properties of Hordeum vulgare. *Journal of Plant Nutrition*, *41*(11), 1482- 1490. doi:10.1080/01904167.2018.1458866

Oymak, E. (2018). *Yapraktan Uygulanan Bazı Mikro Elementlerin Su Kültüründe Yetiştirilen Renkli Marullarda Yaprak Renklenmesi ve Verimlilik Üzerine Etkileri.* (Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Özçiçek Dölekoğlu, C. (2003). Tüketicilerin işlenmiş gıda ürünlerinde kalite tercihleri, sağlık riskine karşı tutumları ve besin bileşimi konusunda bilgi düzeyleri (Adana örneği). TEAE Yayın No:105, 101s. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/Yay%C4%B1n%20Ar%C5%9Fivi/1997-2005%20Yay%C4%B1n%20Ar%C5%9Fivi/Yay%C4%B1nNo105.pdf. (Son erişim tarihi: 26.03.2022)

Pérez-Labrada, F., Benavides-Mendoza, A., Juárez-Maldonado, A., Solís-Gaona, S., & González-Morales, S. (2019). Organic acids combined with Fe-chelate improves ferric nutrition in tomato grown in calcisol soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *20*(2), 673–683. doi:10.1007/s42729- 019-00155-3.

Pitrat, M. (2012). Vegetable crops in the Mediterranean Basin with an overview of virüs resistance. *Advances in Virus Research*, *84*, 1- 29. doi:10.1016/B9 78-0-12-394314-9.00001-4.

Raven, J.A. (1977). H+ and Ca2+ in phloem and syplast: relation of relative immobility of ions to the cytoplasmic nature of the transport paths. *New Phytologist*, *79*(3), 465–480. doi:10.1111/j.1469- 8137.1977.tb02229.x

Ryder, E. J. (1986). Lettuce breeding. In *Breeding Vegetable Crops*. (pp. 433-474)

Seregin, I.V. & Kozhevnikova, A.D. (2021). Low-molecular-weight ligands in plants: role in metal homeostasis and hyperaccumulation. *Photosynth Res, 150*, 51–96. doi:10.1007/s11120-020-00768-1

Smith, L. H. (2002). The many roles of oxalate in nature. *Transactions of the America Clinical and Climatological Association, 113,* 1-20.

Smoleń, S., Kowalska, I., Czernicka, M., Halka, M., Kęska, K. & Sady, W. (2016). Iodine and selenium biofortification with additional application of salicylic acid affects yield, selected molecular parameters and chemical composition of lettuce plants (*Lactuca sativa L. var. capitata*). *Frontiers in plant science, 7*, 1-16. doi:10.3390/antiox10060963.

Sunar, S. & Bulut, H. (2019). Buğday (*Triticum aestivum* L.) tohumlarında büyüme düzenleyicisi 2, 4-D Isooctylester herbisitinin meydana getirdiği retrotranspozon hareketliliğinin moleküler yöntem ile değerlendirilmesi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *12*(2), 585-594.

TÜİK (2022). Bitkisel üretim istatistikleri. Retrieved from Tüik website: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr (Son erişim tarihi: 26.03.2022)

Uludağ, M. (2021). *Oksalik Asit Uygulamalarının Rokada Verim ve Kalite Üzerine Etkileri.* (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)

Weil, S., Barker, A. V., Zandvakili, O. R. & Etemadi, F. (2021). Plant growth and calcium and potassium accumulation in lettuce under different nitrogen regimes of ammonium and nitrate nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, *44*(2), 270-281. doi: 10.1080/01904167.2020.1806313.

Yassen, A. A., Essa, E. M., Marzouk, N. M. & Zaghloul, S. M. (2020). Impact of vermicompost and foliar spray of vermiwash on growth, yield and nutritional status of lettuce plants. *Plant Archives*, *20*(1), 449-455.

Yıldırım, E., Kul, R., Turan, M., Ekinci, M., Alak, G. & Atamanalp, M. (2016). Effect of nitrogen and fish manure fertilization on growth and chemical composition of lettuce. *In AIP Conference Proceedings*. *1726*(1), 020021. doi:10.1063/1.4945847

Not: Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından 2020-YL1-0054 No'lu Proje ile desteklenmiş olup birinci yazarın yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Presentation ID / Sunum No: 58

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-9130-8769

Orman Vasfındaki Arazilerde Kurulmuş Ceviz Bahçesi Toprakların Organik Madde Miktarlarının Değerlendirilmesi

Doç.Dr. Duygu Boyraz Erdem
T Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Tekirdağ, Türkiye
dboyraz@nku.edu.tr

Özet: *Bu çalışmada, Orman Genel Müdürlüğü'nün izni ile her türlü koruma ve faydalanma işlemleri ilgilisi tarafından yapılmak üzere özel ağaçlandırma statüsünde ceviz ağaçlandırılması yapılan orman alanların topraklarının durum değerlendirilmesi yapılmaktadır. Orman vasfında bulunan tarımsal alanlardan hedeflenen ceviz verimlerinin elde edilebilmesi için arazi hazırlığı, sulama, toprak işleme gibi ciddi tarımsal yatırımlar yapılmaktadır. Organik madde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine olumlu etki etmektedir. Toprakların organik madde miktarı, bitki beslenmesi için önemli olduğu kadar toprağın su tutma kapasitesi, katyon değişim kapasitesi, iyi agregasyon gelişimi, granülizasyonu artırması açısından çok önemlidir. Tüm tarımsal uygulamaların yanısıra orman vasfındaki arazilerin organik madde miktarları ceviz ağaçlarından elde edilecek verim değerlerini etkilemektedir. Araştırmada, ceviz yetiştiriciliği yapılan orman vasfındaki alanlarda beş yıllık süre boyunca organik madde miktarlarındaki değişim incelenmiştir. Araştırma alanı toprakları organik madde miktarları 2015 yılı analiz sonuçlarına göre 0-30 cm arasında %0,41-1,81 arasında, 30-60 cm derinlikte ise %0,03-1,23 arasında elde edilmiştir. 2020 yılı analiz sonuçlarına göre ise organik madde değerleri artarak 0-30 cm derinlikte %1,00-2,55 arasında, 30-60 cm arasında %,10-1,62 arasında elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların ceviz bahçesi yatırımcılarını ve bu konuda çalışan araştırmacılara faydalı olacağı düşünülmektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Ceviz Bahçesi, Organik Madde, Sulama, Özel Ağaçlandırma*

Evaluation of Organic Matter Amounts of Walnut Orchard Soils Established On Forest Qualified Lands

Abstract*: In this study, with the permission of the General Directorate of Forestry, the situation of the lands of the forest areas where walnut afforestation is carried out in special afforestation status, all kinds of protection and utilization procedures are carried out by the person concerned. Serious agricultural investments such as land preparation, irrigation and tillage are made in order to obtain the targeted walnut yields from agricultural lands in forest quality. Organic matter has a positive effect on the physical, chemical and biological properties of the soil. The amount of organic matter in the soil is important for plant nutrition, as well as for soil water holding capacity, cation exchange capacity, good aggregation development and increasing granulation. In addition to all agricultural practices, the amount of organic matter in forested lands affects the yield values to be obtained from walnut trees. In the study, the change in the amount of organic matter over a five-year period in the forest areas where walnut cultivation is carried out was investigated. According to the results of the 2015 analysis, the amount of organic matter in the soils of the research area was found to be between 0.41-1,81% between 0-30 cm and between 0.03-1.23% at 30-60 cm depth. According to the analysis results of 2020, organic matter values increased between 1.00-2.55% at a depth of 0-30 cm, and between 0.10-1.62% between 30-60 cm. It is thought that the results obtained will be beneficial to walnut garden investors and researchers working on this subject.*

Keywords: *Walnut Orchard, Organic Matter, İrrigation, Special Afforestation*

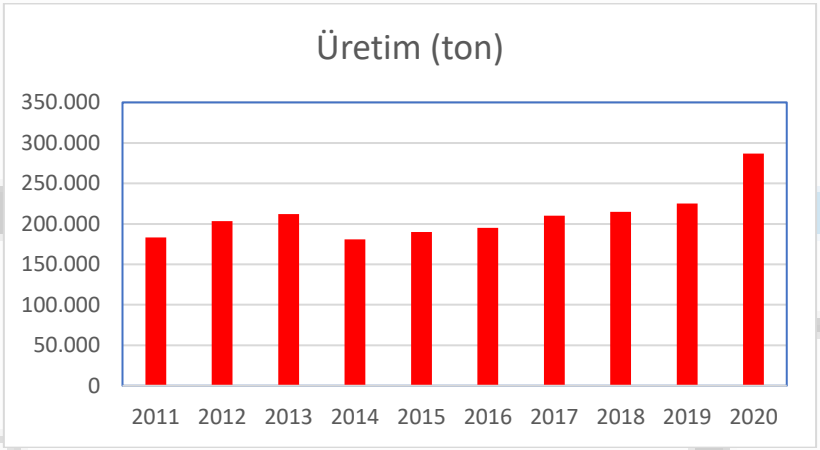
1.GİRİŞ

Bozuk vasıflı orman alanlarında ve boş orman topraklarında, Hazine arazilerinde, gerçek ve tüzel kişilerin mülkiyetindeki alanlarda Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından onaylanan proje doğrultusunda her türlü faydalanma ve korumanın ilgilisi tarafından yapılan ağaçlandırmalara

"özel ağaçlandırma" denir. Orman alanlarında yapılacak özel ağaçlandırma çalışmalarında orman ağacı türleri kullanılmaktadır. Bunlardan en çok tercih edileni ceviz olmak üzere çam (fıstıkçamı, kızılçam, karaçam) sedir, göknar, ladin, meşe, akasya, akçaağaç, karaağaç, çınar, kavak, okaliptüs, ıhlamur, kayın, gürgen, kestane, antepfıstığı, menengiç, sakız ağacı, harnup, kuşburnu, defne, alıç, badem, mahlep gibi orman ağacı türleri kullanılabilmektedir. Hazine arazilerinde ve sahipli arazilerde bu türlerin yanında zeytin de kullanılabilir. Özel ağaçlandırma çalışmalarında tek bir tür kullanılabileceği gibi birden fazla tür de kullanılarak karışık ormanlar kurulabilmektedir. Ayrıca, özel ağaçlandırma yapılan ana türün altında alt tür olarak kekik, biberiye, adaçayı, böğürtlen, kardelen vb. tıbbi, aromatik, yumrulu ve soğanlı bitkilerin yetiştirilmesine izin verilmektedir. Hazine ve sahipli arazilerde bunlarla birlikte tarımsal faaliyette de bulunulabilmektedir.

Türkiye'de ceviz üretimi son yıllarda artış göstermektedir. 2011 yılında 183.240 ton üretilirken 2020 yılında 286.706 tona ulaşmıştır (şekil 1). Bu artışın sebebi olarak orman vasfını yitirmiş arazilerin büyük çoğunluğunun kapama ceviz bahçelerine dönüştürülmesinin de büyük payı vardır (TÜİK, 2022).

Şekil 1. Türkiye'de 2011-2020 Yılları Arasındaki Ceviz Üretimi (ton).



Türkiye'de en fazla ceviz ağacı Artvin, Aydın, Bitlis, Bursa, Çorum, Erzurum, İzmir, Kastamonu, Kahramanmaraş, Ordu ve Van'da bulunmaktadır. Meyve veren ağaçlar genelde Artvin, Aydın, Bitlis, Bursa, Çorum, Kastamonu, Kahramanmaraş, Van ve Karaman illerinde bulunmaktadır. Kabuklu ceviz üretiminin en fazla olduğu iller ise Aydın, Bitlis, Bursa, Isparta, İzmir, Kastamonu ve Zonguldak'tır. Ülkemizin her bölgesinde ceviz ağaçlarının doğal olarak yetiştirilmesine karşın önemli miktarda ceviz üreten bölgeler çoğunluk sırasına göre incelendiğinde Ege Bölgesi %16, Güneydoğu Bölgesi %15,5, Karadeniz Bölgesi %14,5, 0rtakuzey Bölgesi %11,4 ile ilk sıralarda yer almaktadır (OGM,2013).

Tekirdağ ilçelerinde 2022 yılına ait meyve veren ve vermeyen ağaç sayısı, ağaç başına verim ve üretim miktarı Çizelge 1'de verilmiştir. Mevcutta meyve veren ağaç sayısı 68.850 adet ile Çorlu ilçesinde en fazla olduğu bunu 50.800 adet ağaç ile Şarköy takip ederken, henüz meyve vermeyen ancak dikilmiş ceviz ağacı olarak 80.924 ile Süleymanpaşa birinci sırayı alırken 72.640 ağaç ile Şarköy ikinci sırayı almaktadır.

Çizelge 1. Tekirdağ İlçelerinde 2022 Yılına Ait Meyve Veren Ve Vermeyen Ağaç Sayısı, Ağaç Başına Verim Ve Üretim Miktarı

İLÇELER	Meyve vermeyen ağaç sayısı (adet)	Meyve veren ağaç sayısı (adet)	Ağaç başına verim (kg)	Üretim (ton)
Çerkezköy	1.415	1.110	20,0	22,2
Çorlu	23.000	68.850	25,0	1.721,3

Hayrabolu	6.390	14.380	15,0	215,7
Malkara	10.860	24.640	20,0	492,8
Muratlı	9.795	6.980	22,0	153,6
Saray	2.510	9.390	15,0	140,8
Şarköy	72.640	50.800	20,0	1.016,0
Marmaraereğlisi	6.573	10.704	18,0	192,7
Ergene	20	17.940	20,0	358,8
Kapaklı	2.800	800	25,0	20,0
Süleymanpaşa	80.924	18.700	20,0	374,0

Tekirdağ Tarım İl Müdürlüğü kayıtlarına göre il genelinde 26.003 da ceviz yetiştirilen alan bulunmaktadır. Bunun 20.578 da özel ağaçlandırma sahası olarak yetiştirilen alandır. Bu da tüm alan içinde özel ağaçlandırma alanı %79,14'ünü oluşturmaktadır.

Ceviz ağaçları toprak istekleri bakımından seçici olmamakla beraber, genellikle derin ve iyi drene olmuş, taban suyu seviyesi 2.5-3 m'den yukarı olmayan, fazla su tutmayan gevşek, süzek, çakıllı, kumlu, tınlı, siltli, alüviyal toprakları tercih eder. Ceviz kirece dayanıklıdır ve alkali toprakları sever. Cevizler toprak ve sulama suyundaki tuzluluğa aşırı derecede duyarlıdırlar. Tuzluluk arttıkça verim azalır. Kök derinliğini sınırlayan tamamen killi, siltli ve kum birikintileri ceviz ağaçlarının gelişme gücünü ve ağaç iriliğini sınırlayabilir. Ceviz için uygun pH değeri 6 civarıdır. pH değerini optimum düzeyde tutmak amacıyla asidik ve bazik gübrelerin seçimine özen gösterilir. pH değeri 8'den yukarı olduğunda fosfor, demir, çinko ve bor noksanlığına neden olabilir (OGM, 2013).

Çeşitlerin iklim ihtiyaçları çok iyi saptanmalı ve özellikle ilkbahar geç donları yönünden risk olmamalıdır. Yüksek yaz sıcaklıkları, kış donları, sisler, yağış miktarı, yağış zamanı ve rüzgar gibi iklim koşulları yetiştirilecek ceviz çeşidine göre önem arz etmektedir. Bir bölgede ceviz yetiştiriciliğini sınırlayan en önemli faktörlerin başında ilkbahar ve sonbahar geç donları gelmektedir. Çok geç yapraklanan ceviz çeşitlerinde vejetasyon süresi kısa olduğu için, olgunlaşamayan sürgünlerin erken sonbahar donlarından zarar gördüğü de bir gerçektir. İlkbahar geç donlarından sadece dişi çiçekler değil aynı zamanda erkek çiçekler de zarar görmektedirler. Kış soğukları bitkileri öldürecek kadar (-25°C) düşük olmamalıdır. 38°C sıcaklıktan sonra güneş yanıklığı, iç büzülmesi gibi zararlanmalar başlar. Bu nedenle -25°C ile 38°C ceviz ağacının yetişebileceği sıcaklık aralığını göstermektedir. Soğuklama ihtiyacı (800-1800 saat) karşılanmalıdır (MGM, 2021).

Ceviz rüzgarlarla tozlanması nedeniyle tozlanmayı garanti altına alacak yeterli oranda rüzgar ve açık hava ceviz yetiştiriciliğinde arzulanan iklim istekleri arasında bulunmaktadır. Özellikle tozlanma zamanı havaların sisli gitmesi arzulanmaz (OGM, 2013).

Ceviz insan sağlığı için büyük önem taşır. Ceviz, thiamin, vitamin B6 ve folacin'i içeren birçok vitamin içerir. Vitaminlere ilave olarak; demir, çinko, bakır, magnezyum, 4 fosfor ve potasyumca da zengindir. Sodyum ve selüloz yönünden ise fakirdir. Meyve türlerinde gümüş içeren tek meyve turu cevizdir. İnsan vücudunda, gümüş iyonuna gereksinim duyulan tek organımız ise beyindir. Gümüş, insan beyninin sağlığının korunmasında ve öğrenmede etkilidir. Çünkü gümüş iyonu antibakteriyal özellik taşımaktadır. Ceviz selenyum içeren ender gıdalar arasındadır. Selenyum, önemli antioksidant enzimler olan selenoproteinleri yapmak için proteinlerle bağlanır. 100 gram yenilebilir iç ceviz, yaklaşık 14 gr protein ve 65 gr yağ içerir. Ceviz içeriğindeki proteinin büyük kısmı sindirilebilir proteindir. Bu özellik vejetaryen beslenmede, besin değerinin yüksek olması bakımından, cevizin değerini artırmaktadır. Ceviz kolesterol içermez, doymamış yağ içeriği ise yüksektir. Ceviz yağının %58'i linoleic asit, %12'si ise linolenic asitten oluşur. Bu iki yağ asidi sağlıklı bir yaşam için gereklidir (OGM, 2013).

Ceviz ağaçlarından istenilen verimin alınabilmesi için en önemli girdi olarak gösterilen sulama uygulamaları beraberinde birtakım sorunları da ortaya çıkarmaktadır. Özellikle orman vasfını yitirmiş alanlarda kurulan ceviz bahçelerinde su kaynaklarının azlığı veya mevcut suyun en düşük

kottan üst kotlara çıkarılması, diğer yandan kullanılacak damla sulama sisteminin ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği ile enerji masrafları bu sorunların en başında gelmektedir. Bu nedenle, ceviz bahçelerinde kullanılacak damla sulama sisteminin iyi bir şekilde planlanması ve işletilmesi gerekmektedir. Ceviz bahçelerine en uygun damla sulama sisteminin en iyi şekilde projelenebilmesi için "toprak-bitki-su ve hidrolik" özelliklerinin ve uygun sulama zamanı planlamasının birlikte irdelenmesi gerekmektedir (Erdem ve ark. 2018).

Organik madde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine olumlu etki etmektedir. Toprakların organik madde miktarı, bitki beslenmesi için önemli olduğu kadar toprağın su tutma kapasitesi, katyon değişim kapasitesi, iyi agregasyon gelişimi, granülizasyonu artırması, kök gelişimini sağlaması açısından çok önemlidir. Tüm tarımsal uygulamaların yanısıra orman vasfındaki arazilerin organik madde miktarları ceviz ağaçlarından elde edilecek verim değerlerini etkilemektedir. Organik maddenin parçalanması, fiziksel aşınmayı, mikrobiyal kolonizasyonu ve omurgasız parçalanmasını (Hieber ve Gessner, 2002) bütünleştiren, karasal ve su ekosistemlerinde karbon ve besin maddelerinin çevrilmesi ile depolanmasında anahtar bir süreçtir (Aerts and Caluwe, 1997, Tank et al., 2010). Ek olarak, akış düzenlemesi [Martinez et al., 2013), kirlilik Pascoal, et al., 2003, Niemeyer et al.,2012), ötrofikasyon (Hladyz, et al., 2009), nehir kıyısındaki bitki örtüsündeki değişiklikler (Attignon et al., 2004, Lecerf et al., 2005) veya biyolojik çeşitlilik kaybı [Heemsbergen,et al., 2004, Gessner et al., 2010) dahil olmak üzere birçok antropojenik strese duyarlıdır. Bununla birlikte, her bir stresör yıkımı farklı bir yöne itebileceğinden ve aynı anda birden fazla strese maruz kalan tarımsal ekosistemlerde stres etkenler arasındaki etkileşimler yaygın olduğundan, ayrışma üzerindeki genel etkiyi tahmin etmek zordur (Aristi et al., 2012).

Bu çalışmada her geçen gün sayısı artan özel ağaçlandırma alanlarının ceviz yetiştiriciliği ile birlikte yapılan amenajman uygulamaları sonucunda topraklarının özellikle organik madde durumunun nasıl bir değişim gösterdiğini belirlenmesi amaçlanmaktadır. Değişimin belirlenmesiyle birlikte çeşitli tavsiyelerde bulunulmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1.Araştırma Alanlarının Konumu

Orman vasfından çıkan arazilerin devletten kiralanarak kapama ceviz bahçesine dönüştürülen alanların Google Earth görüntüleri ve alınan örnek noktaları Şekil 1A, B, C, D 'de verilmiştir. Araştırma alanı Tekirdağ il merkezine 20 km uzaklıkta yer alan Işıklar ve Naip mahalleleri sınırları içinde kalmaktadır.

Işıklar birinci ve ikinci bölgede eğim B-D (%3-15) değişkenlik göstermektedir. Üçüncü bölge diğerlerine göre nispeten daha az eğime sahip olup B (%4-6) arasındadır. Dördüncü kısmın A bloğunun üst kısımları düz-düze yakın (A-%0-2), yamaçları %15-20 arasında değişkenlik göstermektedir. B ve C blokları %5-15 arasında değişkenlik göstermektedir. Naip bölgesinde kalan alanlar çamlar ve kavak dereleri arasında kurukavak yolu mevkiinde kalmaktadır. Eğimi D (%13-20) eğimdir.

Şekil 1. Araştırma Alanına Ait Google Earth Görüntüleri, A-Işıklar Örnekleme Noktaları Işıklar 1/1, 1/2, 1/3, 2/1; B-Işıklar 3/1,3/2; C-Işıklar 4 A/1, 4A/2, 4B/1, 4B/2, 4B/3, 4B/4, 4B/5, 4C/1, 4C/2; D-Naip 1, 2, 3.

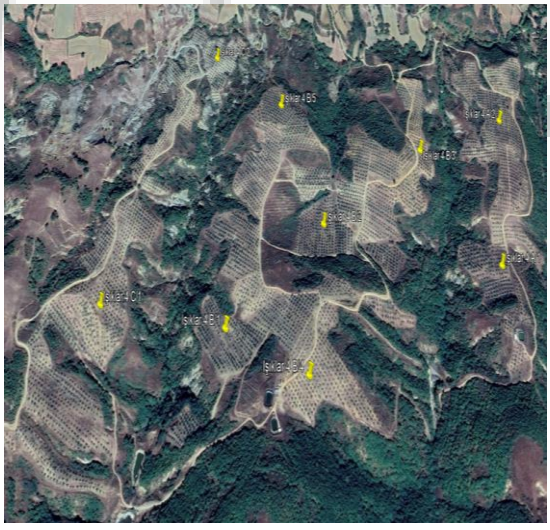




A



B



C



D

2.2Araştırma Alanı İklim Özellikleri

Tekirdağ İli iklimi, sıcaklık ortalamaları ve genel nemlilik indisleri göz önüne alınırsa, ılıman yarı nemli olarak değerlendirilmektedir. Kıyı kesiminden iç kesimlere gidildikçe denizden yüksekliğin

ve uzaklığın artmasıyla sıcaklık ve yağış değerlerinde değişimler görülmektedir. Marmara Denizi kıyısı boyunca, yaz mevsimi sıcak ve kurak, kış mevsimi ise ılık ve yağışlı geçen Akdeniz ikliminin özellikleri görülmektedir. Bölgede Karadeniz ikliminin etkisiyle yaz kuraklığı hafiflemiştir. Kış mevsiminde kar yağışları olağandır. İç kesimlere girildikçe yaz mevsimi daha kurak, kış mevsimi daha soğuk geçen yarı karasal iklim özellikleri hakimiyet göstermektedir. Buralarda Akdeniz ikliminden tek fark kışın kar yağmasıdır. Bölgede zaman zaman esen kuzey rüzgârları, ısının düşmesine neden olmaktadır. Kuzeye paralel uzanan Tekir Dağları da kıyı kesimini Balkanlardan gelen soğuk hava kütlesine karşı korur. İlin iç bölgelerinde ise karasal iklim egemendir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlıdır. Bölge kış boyunca esen kuzey rüzgârlarının etkisi altında kalmaktadır (MGM, 2021).

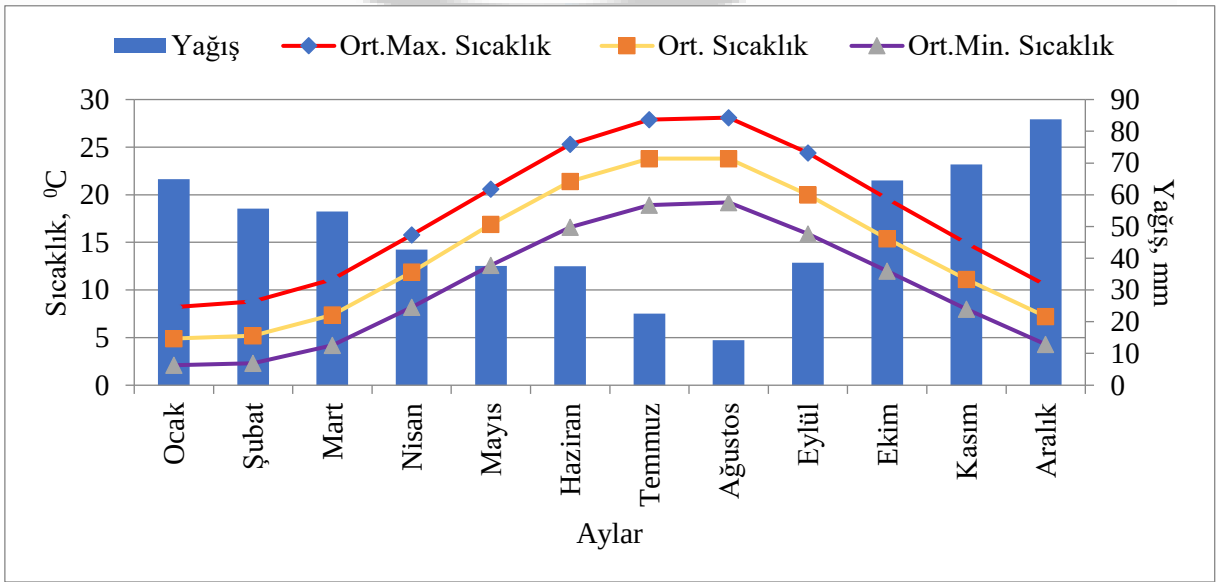
Araştırmanın yürütüldüğü Tekirdağ iline ait, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sağlanan 1960-2021 yıllarına ait (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM], 2021) uzun yıllar ortalama iklim verilerinden derlenen değerler Çizelge 2'de verilmiştir. Uzun yıllar ortalamalarına göre, yıllık ortalama sıcaklık 14,1°C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay 5,0°C ile Ocak, en sıcak ay ise 24,0°C ile Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Yıllık 580,8 mm olan ortalama yağış miktarının çoğunluğu Ekim ile Nisan ayları arasındaki dönemde olmaktadır. Yıllık ortalama bağıl nem %76,9'dir. Yıllık rüzgâr hızının 2 m yükseklikteki ortalama değeri 2,90 m/s'dir. Ayrıca, Tekirdağ ili uzun yıllar sıcaklık-yağış ilişkisi Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Araştırma alanına ilişkin iklim değerlerinin uzun yıllar ortalamaları

İklim verileri	Aylar												Yıllık ortalama
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ort. sıcaklık, (°C)	5,0	5,1	7,5	11,9	16,8	21,5	24,0	24,0	20,0	15,5	10,5	7,1	14,1
Ort. max. Sıcaklık (°C)	8,5	8,8	11,2	15,8	20,6	25,4	28,1	28,3	24,5	19,8	14,4	10,3	18,0
Ort. min. sıcaklık (°C)	2,2	2,0	4,1	8,1	12,4	16,7	19,0	19,5	16,0	12,1	7,4	4,2	10,3
Ort. bağıl nem (%	82,6	80,5	80,0	77,1	76,0	72,0	68,8	69,4	73,4	78,2	82,0	82,8	76,9
Ort. rüzgar hızı, (m/s)*	3,3	3,2	3,0	2,5	2,3	2,4	2,8	3,0	2,8	3,0	2,9	3,2	2,9
Ort. güneşlenme süresi, (h)	2,6	3,3	4,1	5,6	7,7	9,0	9,7	8,8	7,2	4,8	3,3	2,4	68,5
Yağış (mm)	68,3	54,3	54,7	40,7	36,9	37,9	22,5	13,2	33,9	61,7	75,3	81,4	580,8
Buharlaşma (mm)	-	-	0,1	63,6	114,8	142,1	179,8	170,9	114,9	67,6	11,6	0,9	866,3

* 2 m yükseklikte ölçülen değer

Şekil 2. Tekirdağ ili uzun yıllar sıcaklık-yağış ilişkisi



2.3.Toprak Analizleri

Toprak reaksiyonu; potansiyometrik olarak cam elektrodlu pH metre ile 1:2,5'lik toprak-su süspansiyonunda ölçülmüştür (Jakson, 1958). Tuz konsantrasyonu; elektriki kondaktivite aleti ile 1-2,5 toprak-su süspansiyonunda ms/cm olarak ölçülmüş, yüzde tuz miktarına çevrilmiştir. (U.S. Salinity Lab. Staff 1969). Kireç; kireç miktarının belirlenmesi Scheibler Kalsimetresi ile volümetrik olarak yapılmıştır (Sağlam, 2001). Tekstür; toprakların kum, silt ve kil fraksiyonları Bouyoucos hidremetre yöntemine göre belirlenerek tekstür sınıfları saptanmıştır (Tüzüner, 1990). Organik madde; değiştirilmiş Walkley Black yöntemine göre yapılmıştır (Walkley, 1947).

2.4.Ürün çeşidi

Chandler: Yan dallarda meyve verme oranı %80-90'dır. İç ceviz yetiştiriciliği için çok uygun bir çeşit olarak kabul edilen Chandler'in iç oranı %49, iç ceviz ağırlığı 6.5 gr. açık renkli iç ceviz oranı ise %90-100'dür. Kalifornia kökenli bir çeşit olmasına rağmen ülkemiz ekolojik koşullarına adapte olmuş ve yetiştiricilikte çok tercih edilen bir çeşit durumuna gelmiştir (İTO, 2003).

2.5.Amenajman Uygulamaları:

*Amonyum nitrat, potasyum nitrat, potasyum fosfit, humik asit ve fosforik asit uygulamaları yapılmıştır.

*Damla sulama ile sulama yapılmaktadır.

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırma bölgesinden 2015 yılında alınan toprak örneklerinin 0-30 cm ve 30-60 cm derinlikteki toprak örneklerine ait analiz sonuçları çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3'de araştırma alanının orman vasfından dönüştürüldükten sonra ceviz fidanlarını dikiminden yaklaşık 3 yıl sonrası 2015 yılına ait analiz sonuçları verilmiştir. Ayrıca 2020 yılına ait organik madde sonuçları da Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Araştırma alanına ait 2015 yılı analiz sonuçları

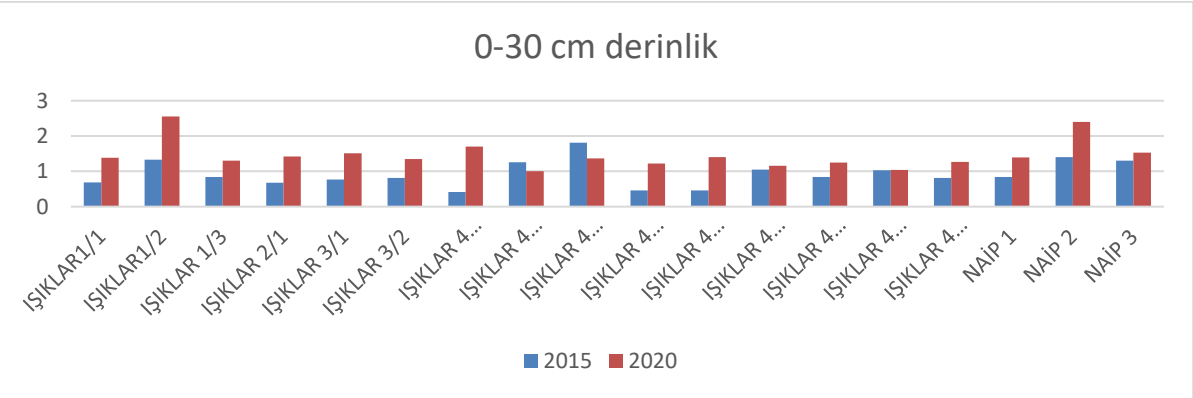
Örnek No	Derinlik (cm)	pH	Tuz (%)	Kireç (%)	Kum	Silt	Kil	TS*	2015 yılı O.M.	2020 yılı O.M.
Işiklar1/1	0-30	7,41	0,016	2,7	26	42	32	CL	0,69	1,38
	30-60	7,66	0,013	5,5	31	42	27	CL	0,22	0,60
Işiklar1/2	0-30	7,75	0,010	10,3	6	54	40	SiC	1,33	2,55
	30-60	7,75	0,018	10,3	8	52	40	SiC	0,93	1,12
Işiklar 1/3	0-30	7,63	0,011	6,2	8	42	50	SiC	0,84	1,30
	30-60	8,07	0,013	9,4	4	52	44	SiC	0,74	0,80
Işiklar 2/1	0-30	7,81	0,010	6	13	52	35	SiCL	0,68	1,42
	30-60	7,89	0,011	17,2	12	26	62	C	0,03	0,42
Işiklar 3/1	0-30	7,85	0,009	7,6	10	46	44	SiC	0,77	1,51
	30-60	7,97	0,008	14,3	7	64	29	SiCL	0,50	1,20
Işiklar 3/2	0-30	7,89	0,009	9,9	6	66	28	SiCL	0,81	1,35
	30-60	7,91	0,009	9,9	27	42	31	CL	0,40	1,06
Işiklar 4 A/1	0-30	7,30	0,012	1,7	8	50	42	SiC	0,41	1,70
	30-60	6,51	0,006	1,7	12	50	38	SiCL	0,26	1,03
Işiklar 4 A/2	0-30	7,43	0,015	4,8	13	48	39	SiCL	1,26	1,00
	30-60	7,68	0,006	14,4	12	46	42	SiC	0,67	0,10
Işiklar 4 B/1	0-30	7,83	0,009	12,8	11	42	47	SiC	1,81	1,37
	30-60	7,84	0,009	12,4	11	42	47	SiC	1,23	0,49
Işiklar 4 B/2	0-30	6,80	0,004	1,9	31	30	39	CL	0,46	1,22
	30-60	6,48	0,003	2,0	33	34	33	CL	0,46	0,47
Işiklar 4 B/3	0-30	6,67	0,005	1,6	34	38	28	L	0,46	1,40
	30-60	7,8	0,009	12,5	23	50	27	SiL	0,46	0,23

Işiklar 4 B/4	0-30	5,96	0,003	1,7	16	40	44	SiC	1,05	1,16
	30-60	5,85	0,003	1,3	19	40	41	SiC-C	0,46	0,70
Işiklar 4 B/5	0-30	7,54	0,012	9,3	14	44	42	SiC	0,84	1,25
	30-60	7,87	0,010	6,2	16	46	38	SiCL	0,60	0,76
Işiklar 4 C/1	0-30	6,48	0,006	1,2	9	50	41	SiC	1,03	1,04
	30-60	6,91	0,009	1,9	7	40	53	C	0,80	0,72
Işiklar 4 C/2	0-30	7,83	0,010	8,8	20	50	30	SiC-C	0,81	1,27
	30-60	7,77	0,009	17,6	12	52	36	SiCL	0,41	1,30
Naip 1	0-30	7,68	0,012	11,9	14	50	36	SiCL	0,84	1,39
	30-60	7,75	0,010	12,8	10	50	40	SiC	0,40	0,53
Naip 2	0-30	7,58	0,011	2,5	24	38	38	CL	1,4	2,4
	30-60	7,58	0,006	1,2	28	32	40	C-CL	0,94	1,62
Naip 3	0-30	7,67	0,012	11,2	12	50	38	SiCL	1,3	1,53
	30-60	7,76	0,011	14,2	10	52	38	SiCL	0,92	0,89

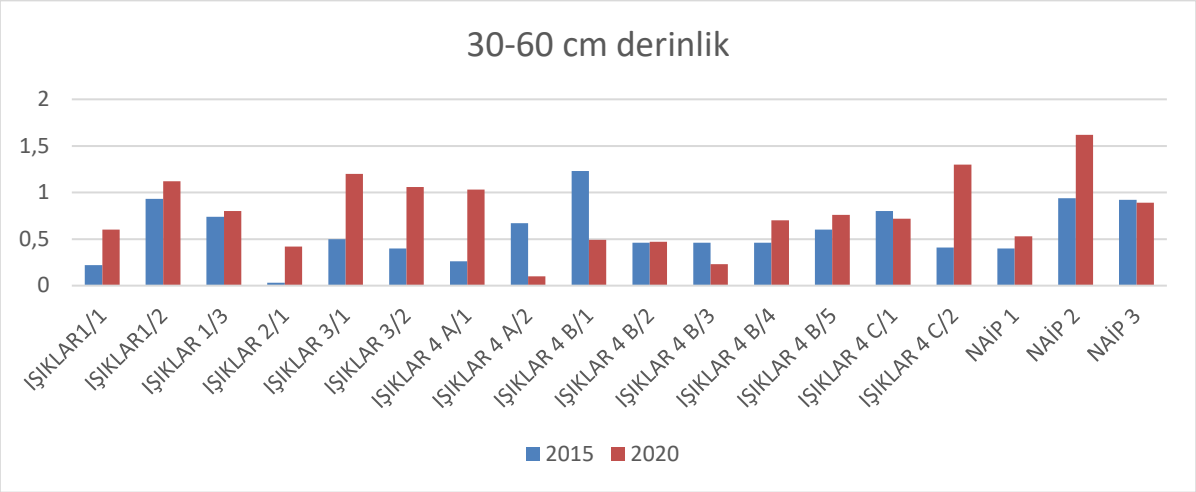
*TS: Tekstür Sınıfı, CL:Kil tın, SiC: Siltli kil, SiCL: Siltli kil tın, C: Kil, L: Tın, SiL: Siltli tın
OM: Organik Madde

Araştırma alanı toprakları orman vasfından dönüştürülmesine rağmen organik madde miktarları 2015 yılı analiz sonuçlarına göre 0-30 cm arasında %0,41-1,81 arasında, 30-60 cm derinlikte ise % 0,03-1,23 arasında değişkenlik göstermektedir. 2020 yılı analiz sonuçlarına göre 0-30 cm derinlikte %1,00-2,55 arasında, 30-60 cm arasında %0,10-1,62 arasında değişkenlik göstermektedir. Toprakların organik madde içeriklerinin 2015-2020 yılları arasındaki 0-30 cm derinlikteki değişim Şekil 3'te, 30-60 cm derinlikteki değişim Şekil 4'te görülmektedir. Toprakların 0-30 cm derinliklerinde 5 yıl içinde Işıklar 4A2 ve Işıklar 4B1 noktalarının toprakları hariç diğerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Organik maddenin parçalanmasını hızlandıran en önemli faktör, nemin mikrobiyal aktiviteyi artırması ve böylece ayrışmanın da artırması (Bontti et al, 2009, Butenschoen et al, 2011), özellikle yarı kurak bölgelerde sulamadan kaynaklandığı görülmektedir (Lavelle et al, 1993). Organik madde parçalanması toprak nemi, sıcaklığı ve besin içeriğine bağlıdır (Meentemeyer, 1995, Verhoeven and Toth, 1995). 30-60 cm derinlikte organik madde değerleri daha az olmakla beraber, Işıklar 4A2, Işıklar 4B1, Işıklar 4B3, Işıklar 4C1ve Naip 3 noktalarında geçen 5 yıl içinde artış olmadığı, diğer noktalarda farklı oranlarda artış olduğu tespit edilmiştir. Yetiştirilen ceviz ağaçları sıra aralarında sadece bir yıl arpa, macar fiğ yetiştirilerek toprak yüzeyinin çıplak kalmasının önlemesi, bitki kalıntılarının ve anızın toprağa karıştırılarak organik maddesinin artışına katkı sağladığı düşünülmektedir. Aynı zamanda ahır gübresi uygulaması da toprağın organik madde miktarının artışına neden olmaktadır. Organik maddesi yüksek topraklar diğer topraklara oranla daha koyu renklidir. Koyu renkli topraklar da güneş ışığını daha fazla tutar ve topraktaki sıcaklığı arttırır. Toprak sıcaklığının artması ile birlikte bitkinin kök gelişimi daha sağlıklı olur.

Şekil 3. Araştırma Alanına Ait Toprakların 0-30 Cm Derinlikteki 2015-2020 Yılı Organik Madde Miktarları



Şekil 4. Araştırma Alanına Ait Toprakların 30-60 Cm Derinlikteki 2015-2020 Yılı Organik Madde Miktarları



4. SONUÇ

Organik maddenin tarım toprakları için önemi ilk yapılan çalışmalarla ortaya konmuş ve bu konuda yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bitki yetişme ortamı olan toprağın özellikleri iyi oldukça üzerinde yetişen bitkilerin de gelişimi ve sonuç olarak verimi de o oranda artmaktadır. Maki bitki örtüsüne sahip olan çalışma alanımızın topraklarının organik madde miktarlarının bu kadar düşük olmasının ana nedenlerinden birisi, arazilerin eğimli olması ve toprak yüzeyini örten örtü bitkisinin olmayışı, erozyonla birlikte toprağın taşınması ve organik maddenin kaybolmasıdır.

Ceviz bahçesinde organik madde miktarını artırmak için;
*Sıra üzerlerinin ve aralarının toprak yüzeyi yeşil bitkiler yetiştirilmeli, bunlar toprağa karıştırılmalıdır.
*Topraklar sadece kimyasal gübrelerle gübrelenmemeli aynı zamanda fermantasyonu iyi yapılmış ahır gübresi de uygulanmalıdır.
*Toprak işleme yapılırken eğime dik sürüm yapılarak verimli yüzey toprağın yerinde kalması sağlanmalıdır.
Organik madde içeriği yüksek olan topraklar, düşük olan topraklara oranla suyu, katyonları fazla tutması nedeniyle gübrelerin çabucak yıkanarak topraktan akıp gitmesini önlemektedir. Böylece uygulanan gübreden, sudan meyvelerin daha çok faydalanması sağlanır. Sonuç olarak, sağlıklı bitkiler, yüksek verim, kaliteli ürün elde edebilmek için önce toprak kalitesi sağlanmalıdır. Bunun için de topraktaki organik madde miktarı arttırılmalıdır.

Teşekkür
Bu çalışmanın yürütülmesinde ve verilerin sağlanmasında katkı sağlayan Volnat Tarım Gıda Hayvancılık San. ve Tic. A.Ş.'ye, Zir. Yük. Müh. Abdulkadir DANIŞMAN'a, Zir. Müh. Cem DENİZ'e teşekkürlerimi sunarım.

5.KAYNAKLAR

Aristi, I., Díez, J.R., Larra˜naga A., Navarro-Ortega, A., Barceló, D., Elosegi, A. (2012). Assessing the effects of global change on the functioning of Mediterraneanrivers using poplar wood breakdown, Sci. Total Environ. 440(2012)272–279.

Aerts, R. De Caluwe, H. (1997). Nutritional and plant-mediated controls on leaf litterdecomposition of Carex species, Ecology 78 (1997) 244–260.

Attignon, S.E. Weibel, D. Lachat, T. Sinsin, B. Nagel, P. Peveling, R. (2004). Leaf litterbreakdown in natural and plantation forests of the Lama Forest Reserve inBenin, Appl. Soil Ecol. 27 (2004) 109–124.

Bontti, E.E., Decant, J.P., Munson, S.M., Gathany, M.A., Przeszlowska, A., Had-dix, M.L., Owens, S., Burke, I.C., Parton, W.J., Harmon, M.E. (2009). Litter decomposition ingrasslands of Central North America (US Great Plains), Global Change Biol. 15(2009) 1356–1363.

Butenschoen, O., Scheu, S., Eisenhauer, N. (2011). Interactive effects of warming, soilhumidity and plant diversity on litter decomposition and microbial activity,Soil Biol. Biochem. 43 (2011) 1902–1907.

Erdem, T, Şener, M, Çoşkun, Z, Yaşasın, S.Y. (2018. Damla Sulama ile Sulanan Ceviz Ağaçları İçin Uygun Lateral Tertip Biçiminin ve Sulama Programının Belirlenmesi. TÜBİTAK Proje No: 114O532

Gessner, M.O., Swan, C.M., Dang, C.K., McKie, B.G., Bardgett, R.D., Wall D.H., Hättenschwiler S. (2010). Diversity meets decomposition, Trends Ecol. Evol. 25 (2010)372–380.

Heemsbergen, D.A., Berg, M.P., Loreau, M., Van Hal J.R., Faber, J.H., Verhoef, H.A. (2004). Biodiversity effects on soil processes explained by interspecific functional dis-similarity, Science 306 (2004) 1019–1020.

Hieber, M. Gessner, M.O. (2002). Contribution of stream detrivores, fungi, and bacteriato leaf breakdown based on biomass estimates, Ecology 83 (2002) 1026–1038.

Hladyz, S. Gessner, M.O., Giller, P.S. Pozo, J. Woodward, G. (2009). Resource quality andstoichiometric constraints on stream ecosystem functioning, Freshwater Biol.54 (2009) 957–970.

İTO (2003). Ceviz Sektörü Araştırma Raporu. İstanbul Ticaret Odası. (https://www.yumpu.com/tr/document/read/23585270/ceviz-sektor-arastrma-raporu-2003-ito.)

Jakson, M. L. (1958). Soil chemical analysis. P.1-498. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

Lavelle, P., Blanchart, E., Martin, A., Martin, S., Spain, A., Toutain, F., Barois, I., Schaefer, R. (1995). A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems:application to soils of the humid tropics, Biotropica 25 (1993) 130–150.

Lecerf, A., Dobson, M., Dang, C.K., Chauvet, E. (2005). Riparian plant species loss alterstrophic dynamics in detritus-based stream ecosystems, Oecologia 146 (2005)432–442.

Martinez, A., Larra˜naga, A., Basaguren, A., Pérez, J., Mendoza-Lera, C., Pozo, J. (2013). Stream regulation by small dams affects benthic macroinvertebrate com-munities: from structural changes to functional implications, Hydrobiologia.doi:10.1007/s10750-013-1459-z.

Meentemeyer, V. (1995). Meteorologic control of litter decomposition with an empha-sis on tropical environments, in: M.V. Reddy (Ed.), Soil Organisms and LitterDecomposition in the Tropics, Westview Press, Boulder, CO, USA, pp.153–182.

MGM (2021). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. İllere ait mevsim normalleri. Erişim adresi https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=TEKIRDAG

Niemeyer, J.C., Nogueira, M.A., Carvalho, G.M., Cohin-De-Pinho, S.J., Outeiro, U.S., Rodrigues, G.G., Da Silva, E.M. Sousa, J.P., (2012). Functional and structural parametersto assess the ecological status of a metal contaminated area in the tropics,Ecotoxicol. Environ. Safety 86 (2012) 188–197.

OGM (2013). Orman Genel Müdürlüğü www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/ Ceviz%20Eylem%20Planı.pdf (25.05.2013)

Pascoal, C., Pinho, M., Cássio, F., Gomes, P. (2003). Assessing structural and functionalecosystem condition using leaf breakdown: studies on a polluted river, Fresh-water Biol. 48 (2003) 2033–2044.

Sağlam, M.T. (2001). Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, No:189 Tekirdağ.

Tank, J.L., Rosi-Marshall, E.J., Griffiths, N.A., Entrekin, S.A., Stephen, M.L. (2010). A reviewof allochthonous organic matter dynamics and metabolism in streams, J. NorthAm. Benthol. Soc. 29 (2010) 118–146.

TÜİK, 2022. Türkiye Bitkisel Üretim Verileri. Devlet İstatistik Kurumu. https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1

Tüzüner, A. (1990). Toprak ve Su Analizi Labratuvarları El Kitabı. T.C. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

U.S. Salinity Lab. Staff (1969). Diagnosis and Improvement of Saline and A lkali Soils. USDA N: 60. USA.

Walkley, A. (1947). A critial examination of a rapid method for determining soil organic matier and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.

Verhoeven, J.T.A. and Toth, E. (1995). Decomposition of Carex and Sphagnum litters in fens:effect of litter quality and inhibition by living tissue homogenates, Soil Biol.Biochem. 27 (1995) 271–275.

Presentation ID / Sunum No: 82

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: Mehtap AKIN: 0000-0003-2554-236X
Hatice TANER SARAÇOĞLU: 0000-0001-9502-3739

Antibacterial Activity of Citrus Reticulata Blanco Essential Oil and Hydrosol

Doç.Dr. Mehtap Akın[1], Dr. Öğretim Üyesi Hatice Taner Saraçoğlu[1]
[1] *Selcuk University, Faculty of Science, Department of Biology, Konya*

**Corresponding Author: Mehtap AKIN*

***Abstract**: In this study, the antibacterial activity of essential oil and hydrosol obtained from Citrus reticulata Blanco peels by hydrodistillation method against 8 different bacterial strains (Bacillus cereus ATCC 11778, Proteus mirabilis ATCC 43071, Enterobacter sakazakii ATCC 51329, Pseudumonas fluorescens ATCC 49642, Staphylococcus aureus ATCC 6538, Escherichia coli ATCC 25923, Pseudomonas aeruginosa ATCC 29853, Streptococcus salivarius RSHE 606) was investigated by microdilution method. The results showed that the essential oil and hydrosol have antibacterial activity to different degrees against the test bacteria used in this study. Citrus reticulata Blanco essential oil showed the highest antibacterial activity against Enterobacter sakazakii ATCC 51329, while the lowest antibacterial activity against Proteus mirabilis ATCC 43071, Pseudomonas aeruginosa ATCC 29853 and Streptococcus salivarius RSHE 606. Citrus reticulata Blanco hydrosol showed the highest antibacterial activity against Bacillus cereus ATCC 11778 and Pseudumonas fluorescens ATCC 49642, while the lowest antibacterial activity against Proteus mirabilis ATCC 43071, Staphylococcus aureus ATCC 6538, Escherichia coli ATCC 25923 and Streptococcus salivarius RSHE 606.*

***Keywords:** Citrus Reticulata Blanco, Essential Oil, Hydrosol, Antibacterial Activity*

INTRODUCTION

Nowadays, the interest in natural compounds obtained from plants is spreading rapidly in many fields such as medicine, food and pharmacy. In recent years, there is a great need for the use of these compounds as alternatives to break the resistance of bacteria to antibiotics. Undoubtedly, in order to achieve these effects, it is necessary to carry out various studies and to reveal the effects of active ingredients on human and animal health and food. For this purpose, it is hoped that this research will be a source for similar studies to be carried out in the future.

Mandarin, *Citrus reticulata* Blanco, is a fruit species belonging to the Citrus family (Rutaceae). The fruit, which is orange and yellow in color, has a fleshy and juicy structure. It grows mostly in the Mediterranean Region and coastal areas of the Aegean Region in Turkey.

The peel and core parts of Citrus fruits, which are produced as waste after consumption, are used in the treatment of various diseases such as diabetes and high blood pressure in the society from past to present (Oboh and Ademosun, 2012). The main compounds of *C. reticulata* essential oil are in the literature; limonene, myrcene, γ-terpinene, 3-karene, α-pinene, β-pinene, p-cymene, sabinene, terpinolene, (E)-β-farnesene, linalool, methyl-N-methyl anthranilate, geranyl acetate, neryl acetate, α-sinensal, octanal, decanal (Lota et al., 2001; Sawamura et al., 2004; Fanciullino et al., 2006; Njoroge et al., 2006; Fayed, 2009; Gomes et al., 2013; Kırbaşlar et al., 2009).

Fruit peel essential oil contains aromatic compounds. Because of these compounds it carries, it has commercial importance. It is widely used in cosmetics and among the general public.

Mandarin essential oil has antibacterial, antifungal, antioxidant, anticancer and antiseptic properties. (Mabberley, 2004; Njoroge et al., 2006; Chutia et al., 2009; Fayed, 2009; Das et al., 2014).

As a result of the distillation process of aromatic plants, five different products are obtained. These; essential oil, distilled biomass, ash from distillation, wastewater and hydrosols (D'Amato et al., 2018). One of the two phases collected as a result of hydrodistillation is essential oil, which forms the main part of the volatile compounds; the other is the hydrosol phase (D'Amato et al., 2018, Labadieve et al., 2015). Hydrosol has been used as a natural antimicrobial agent because it is easy to produce, cheap and does not have any effect on the body (Törnük et al., 2011).

In this study, it was aimed to determine the antibacterial activities of mandarin fruit peel hydrosols and essential oils against different microorganisms.

MATERIALS and METHOD

Isolation of essential oil and hydrosol

Essential oil and hydrosol were obtained from dried mandarin fruit peels by hydrodistillation for 3 hours using a Clevenger type apparatus.

Bacterial strains

In the antibacterial activity study, eight different standard bacterial strains (*Bacillus cereus* ATCC 11778, *Proteus mirabilis* ATCC 43071, *Enterobacter sakazakii* ATCC 51329, *Pseudumonas fluorescens* ATCC 49642, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Escherichia coli* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 29853, *Streptococcus salivarius* RSHE 606) were used. Bacterial strains were obtained from Selcuk University, Faculty of Science, Department of Biology, Biotechnology Research Laboratory, and all microorganism stocks are kept in the same laboratory.

Determination of antibacterial activity

Bacterial cultures stored at -20°C were incubated in Mueller Hinton Broth (MHB) medium for 24 hours at 37°C. After incubation, bacterial cultures were standardized to Mc Farland 0.5 density with a Mc Farland Densitometer. Samples to be tested were dissolved in 25% dimethyl sulfoxide (DMSO) to obtain stock solutions. Microbroth dilution method was used to determine the antibacterial properties of the samples (Koneman ve ark., 1997). In the study, 100 µL of Mueller Hinton Broth (MHB) medium was placed in 96-well microplates. 100 µL samples were placed in the first wells of the microplates and serial concentrations of samples from 4 mg/mL to 3.906 µg/mL were prepared in the microplates. After serial dilutions in two-fold, 100 µL of bacterial suspension was added to each well (except well 11). The eleventh well of the microplates was used as the negative control (only serial dilutions of samples without bacteria), and the twelfth well was used as the positive control (only bacteria). The antibacterial effect of DMSO, which is used as a solvent, was also checked. Chloramphenicol was used as the standard antibiotic for bacteria and tested in the range of 4 mg/mL to 0.001 µg/mL. Microplates were incubated at 37ºC for 24 hours. In order to better visualize the presence or absence of growth after incubation, 20 µL of Triphenyl tetrazolium chloride (TTC) salt solution was added to the wells and the microplates were incubated at 37ºC for 3 hours. The MIC (Minimum Inhibitory Concentration) value was determined as the lowest substance concentration that did not show any coloration and completely inhibited the growth of the bacteria in the microdilution wells after incubation.

RESULTS and DISCUSSION

The essential oil and hydrosol obtained from the peel of *Citrus reticulata* showed antibacterial activity against all bacterial strains used in the study.

While the MIC value of the essential oil was 2 mg/mL against *Bacillus cereus* ATCC 11778 bacteria, the hydrosol and control antibiotic had the same effect (1 mg/mL).

Both essential oil and hydrosol were equally effective (4 mg/mL) against bacterial strains *Proteus mirabilis* ATCC 43071 and *Streptococcus salivarius* RSHE 606. It was observed that the control antibiotic was more effective against these bacteria compared to the essential oil and hydrosol.

It was determined that the MIC value of the essential oil was 1 mg/mL and the MIC value of the hydrosol was 2 mg/mL against *Enterobacter sakazakii* ATCC 51329. However, the control antibiotic was found to be much more effective against this bacterial strain (0.0004 mg/mL).

It was found that the MIC value of the essential oil against *Pseudomonas fluorescens* ATCC 49642 was 2 mg/mL and the MIC value of the hydrosol was 1 mg/mL. However, the control antibiotic was found to be much more effective against this bacterium (0.0002 mg/mL).

It was determined that the MIC value of the essential oil was 2 mg/mL, the MIC value of the hydrosol was 4 mg/mL, and the control antibiotic was 0.5 mg/mL against *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 and *Escherichia coli* ATCC 25923 bacteria.

The MIC value of the essential oil against *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 29853 bacteria is 4 mg/mL, the MIC value of the hydrosol is 2 mg/mL, and the MIC value of the control antibiotic is 1 mg/mL (Table 1).

Table 1: MIC values (mg/mL) of essential oil and hydrosol obtained from *Citrus reticulata* fruit peels

	A	**B**	**C**
Bacillus cereus ATCC 11778	2	1	1
Proteus mirabilis ATCC 43071	4	4	0.0625
Enterobacter sakazakii ATCC 51329	1	2	0.0004
Pseudumonas fluorescens ATCC 49642	2	1	0.0002
Staphylococcus aureus ATCC 6538	2	4	0.5
Escherichia coli ATCC 25923	2	4	0.5
Pseudomonas aeruginosa ATCC 29853	4	2	1
Streptococcus salivarius RSHE 606	4	4	1

A: *Citrus reticulata* essential oil, B: *Citrus reticulata* hydrosol, C: Control antibiotic (Chloramphenicol)

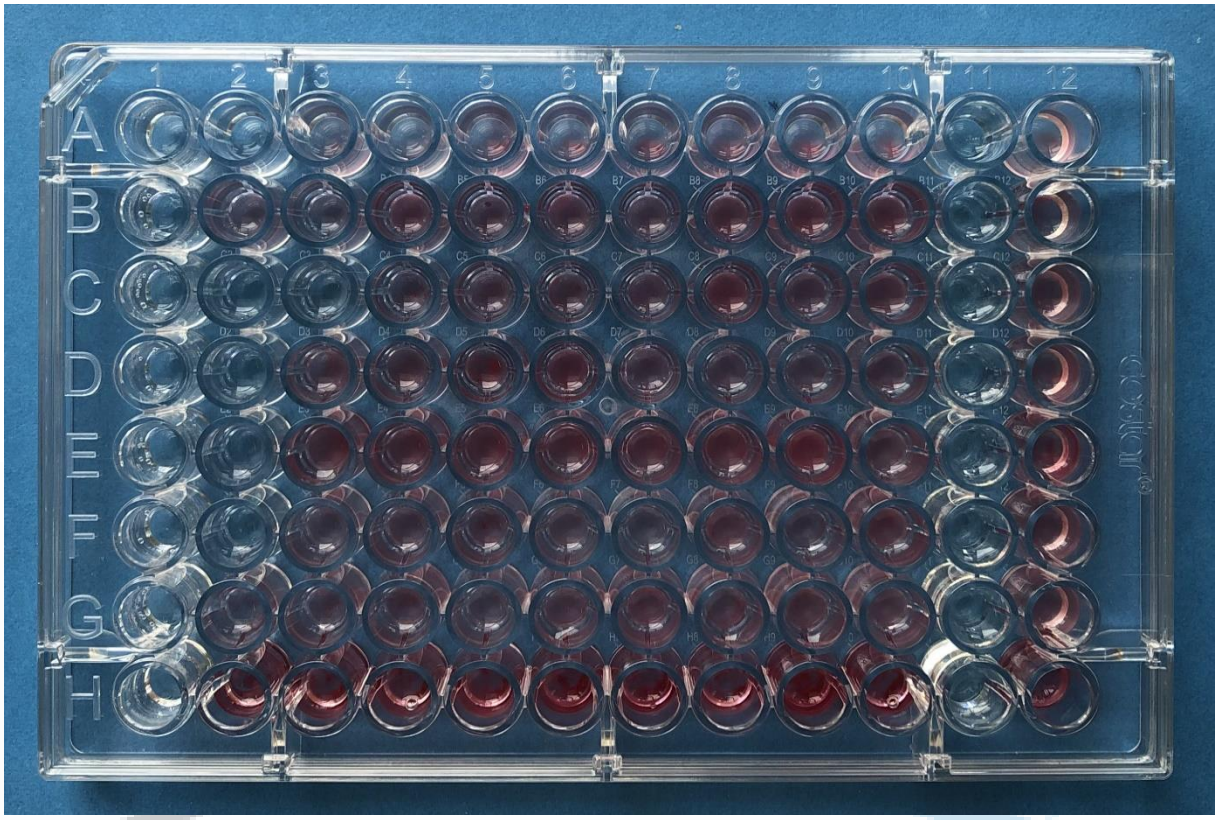


Figure 1: Microplate of *Citrus reticulata* essential oil

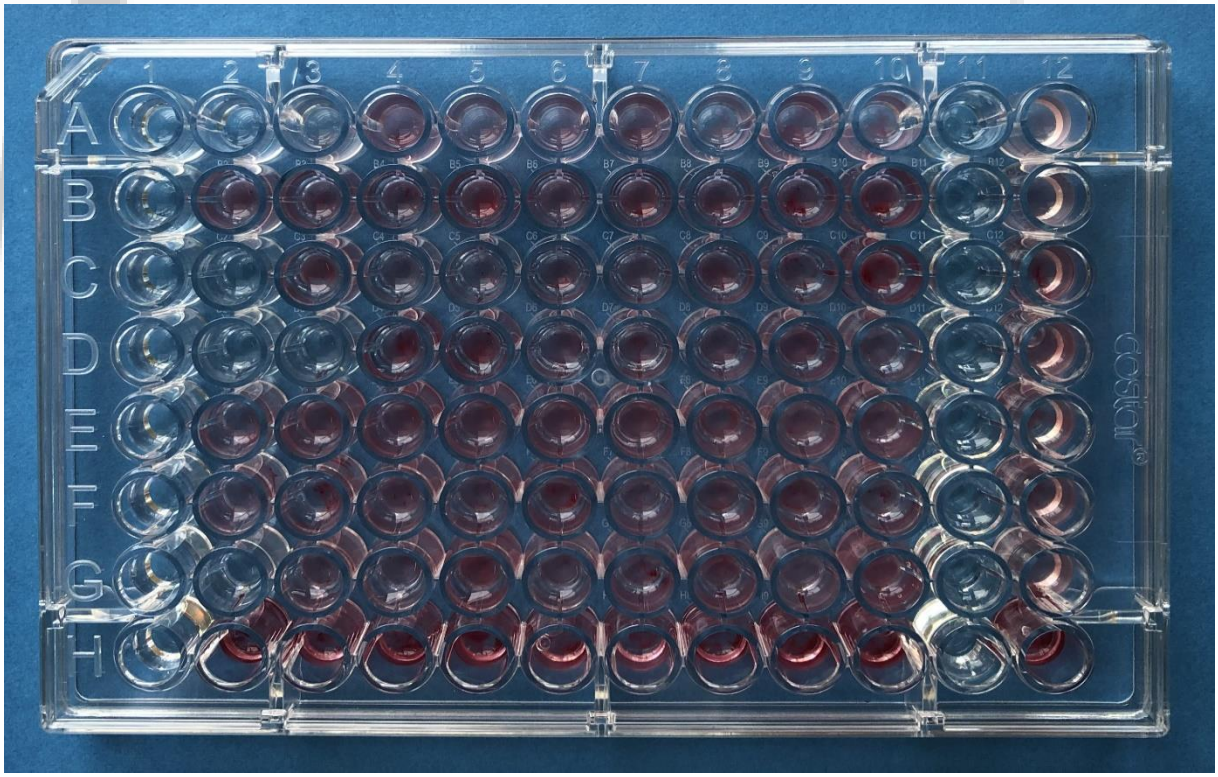


Figure 2: Microplate of *Citrus reticulata* hydrosol

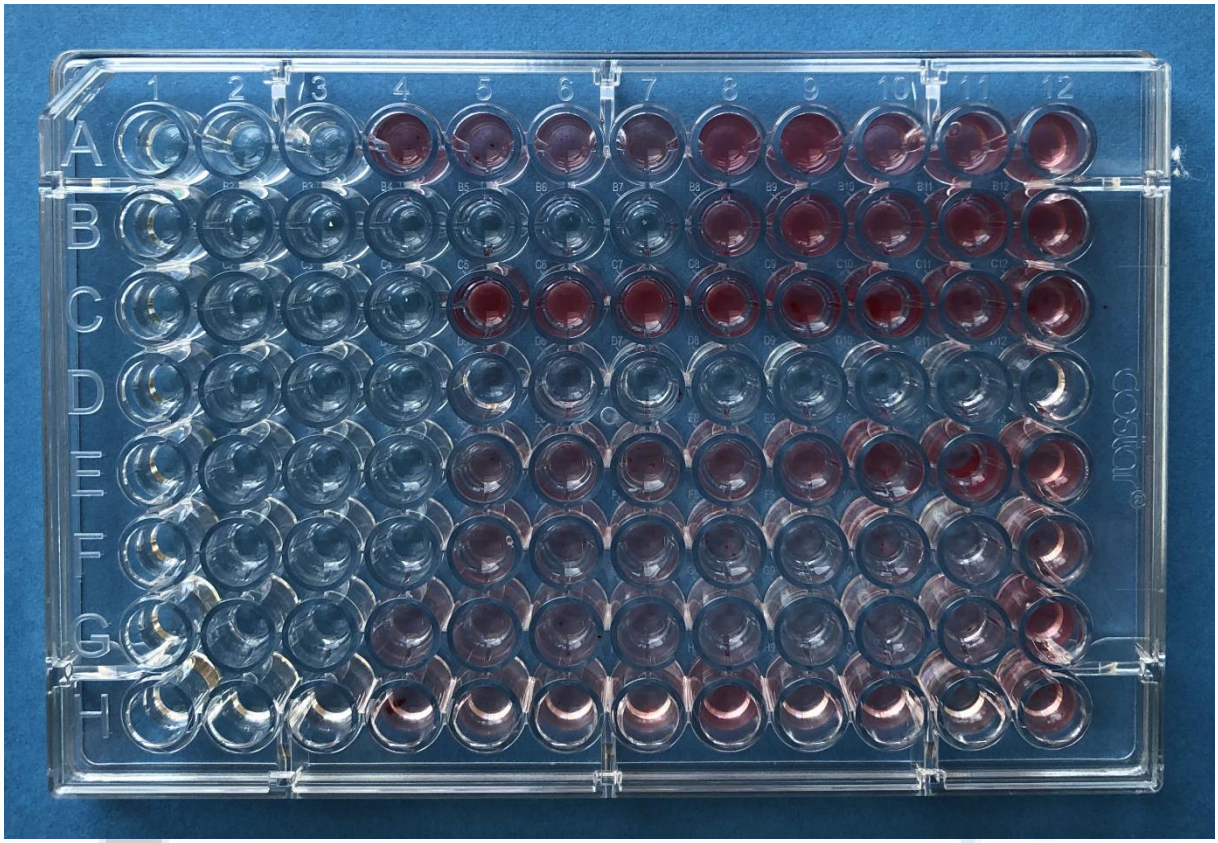


Figure 3: First microplate of Chloramphenicol

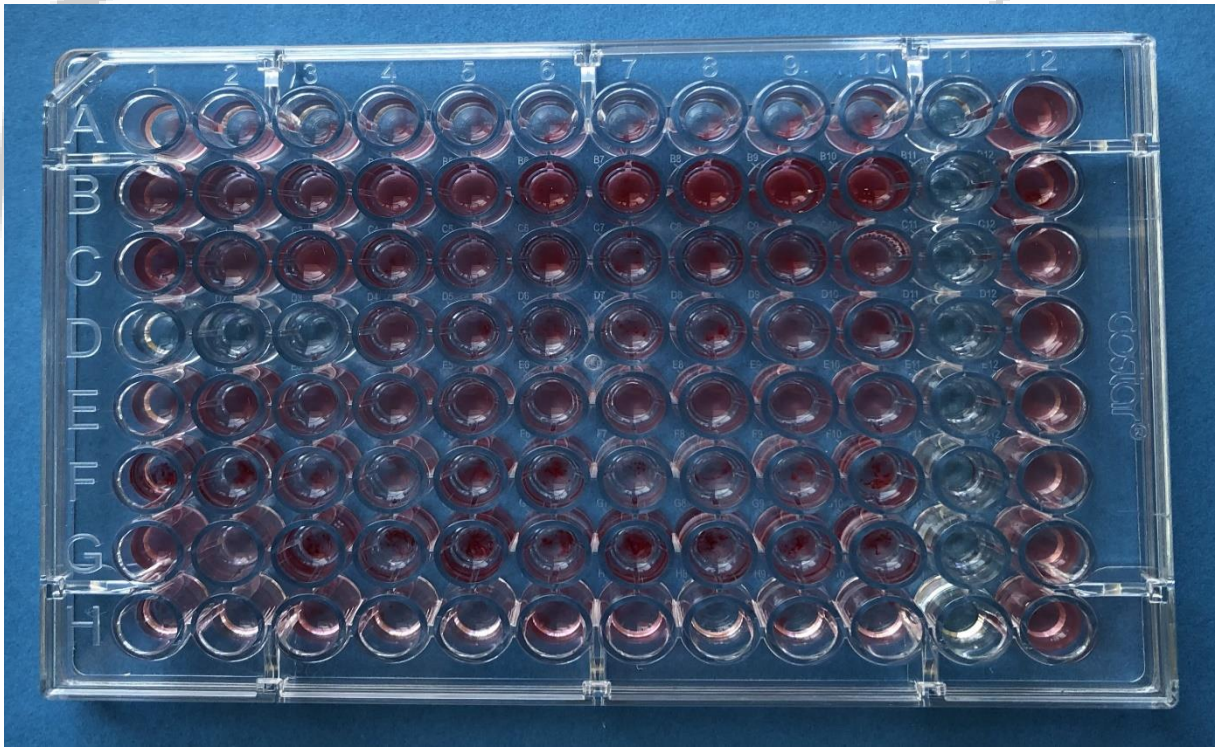


Figure 4: Second microplate of Chloramphenicol

The results of the study show that the essential oil and hydrosol have the same or close antibacterial activity against the bacterial strains used in the study. The activity they have varies

according to the composition of oil and hydrosols. The ratio of oxygenated monoterpene and limonene in phenols affects the antimicrobial capacity of oil and hydrosol.

Espina et al. (2011) reported that the essential oil of *C. reticulata* had an effect of 1 µl/mL MIC against *S. aureus* ATCC 6538, one of the test bacteria in our study. In our study, we determined the MIC value as 2 mg/mL. The same investigators reported that the essential oil of *C. reticulata* was applied to *P. aeruginosa* ATCC 10145. They reported that the MIC value was 5 µL/mL against and 1 µL/mL against *E. coli* O157:H7 bacterial strains. In our study, the MIC value of its effect against *P. aeruginosa* ATCC 29853 bacterial strain was 4 mg/mL.

As a result of their studies, Yabalak et al. (2022) determined the MIC value of *Citrus reticulata* essential oil against *E. coli* as 10.1 mg/mL and against *S. aureus* bacteria as 9.1 mg/mL. In our study, the MIC values for both bacterial strains were found to be 2 mg/mL.

When the data obtained in the study were compared with the literature, it was observed that there were different minimum inhibition concentrations in terms of antimicrobial activity. It is thought that the differences seen in antimicrobial properties are due to the variability depending on the type of fruit, growing conditions, harvest time, distillation method and tested bacteria species.

The results show that the mandarin peel, which is considered as waste, can be converted into a useful product and become a potential natural antimicrobial source.

REFERENCES

Chutia, M., Deka Bhuyan, P., Pathak, M., Sarma, T., Boruah, P., Antifungal activity and chemical composition of Citrus reticulata Blanco essential oil against phytopathogens from North East India, LWT-Food Sci. Technol., 42 (3), 777-780, 2009.

D'Amato S., Serio A., Lopez C. C., and Paparella A., "Hydrosols: Biological activity and potential as antimicrobials for food applications," Food Control, vol. 86, pp. 126-137, 2018.

Das, D. R., Sachan, A. K., Shuaib, M., Imtiyaz, M., Chemical charecterization of volatile oil components of Citrus reticulata by GC-MS analysis. Nitric oxide, 1 (1), 243, 2014.

Espina, L., Somolinos, M., Loran, S., Conchello, P., Garcia, D., Pagan, R., Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes, Food Control., 22 (6), 896-902, 2011.

Fayed, S. A., Antioxidant and anticancer activities of Citrus reticulate (Petitgrain Mandarin) and Pelargonium graveolens (Geranium) essential oils, Res. J. Agric. Biol. Sci., 5 (5), 740-747, 2009.

Koneman, E. W., Allen, S. D., Janda, W. M., Schreckenberger, P. C. and Winn, W. C., Color atlas and textbook of diagnostic microbiology, Lippincott-Raven Pub, Philadelphia, USA, 785-856, 1997.

Labadie C., Ginies C., Guinebretiere M. H., Renard , C., Cerutti C., and Carlin F., "Hydrosols of orange blossom (Citrus aurantium), and rose flower (Rosa damascena and Rosa centifolia) support the growth of a heterogeneous spoilage microbiota," Food Research International, vol. 76, pp. 576–586, 2015.

Mabberley, D., Citrus (Rutaceae): a review of recent advances in etymology, systematics and medical applications. Blumea-Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants, 49 (2-3), 481-498, 2004.

Njoroge, S. M., Mungai, H. N., Koaze, H., Phi, N. T. L., Sawamura, M., Volatile constituents of mandarin (Citrus reticulata Blanco) peel oil from Burundi, J. Essent. Oil Res., 18 (6), 659-662, 2006.

Oboh, G., & Ademosun, A. O., Characterization of the antioxidant properties of phenolic extracts from some citrus peels. Journal of Food Science and Technology, 49(6), 729–736, 2012.

Törnük F., Cankurt H., Ozturk İ., Sağdıç O., Bayram O., and Yetim H., " Efficacy of various plant hydrosols as natural food sanitizers in reducing Escherichia coli O157:H7 and Salmonella typhimurium on fresh cut carrots and apples" International Journal of Food Microbiology, vol. 148, no. 1, pp. 30–35, 2011.

Yabalak E., Eliuz E. A. E. , Nazli M. D., Evaluation of Citrus reticulata essential oil: Chemical composition and antibacterial effectiveness incorporated gelatin on E. coli and S. aureus**.** International Journal of Environmental Health Research, cilt.32, sa.6, ss.1261-1270, 2022.

Presentation ID / Sunum No: 83

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:
Mehtap AKIN: 0000-0003-2554-236X
Hatice TANER SARAÇOĞLU: 0000-0001-9502-3739

Antibacterial Activity of Essential Oil and Hydrosol of Myrtus Communis L.

Doç.Dr. Mehtap Akın[1], Dr. Öğretim Üyesi Hatice Taner Saraçoğlu[1]
[1] Selcuk University, Faculty of Science, Department of Biology, Konya.

**Corresponding Author: Hatice Taner Saraçoğlu*

***Abstract**: This study was carried out to determine the antibacterial effects of essential oil and hydrosol obtained from myrtle plant (Myrtus communis L.) leaves by hydrodistillation against Bacillus cereus ATCC 11778, Proteus mirabilis ATCC 43071, Enterobacter sakazakii ATCC 51329, Pseudumonas fluorescens ATCC 49642, Staphylococcus aureus ATCC 6538, Escherichia coli ATCC 25923, Pseudomonas aeruginosa ATCC 29853, Streptococcus salivarius RSHE 606 bacterial strains. Microdilution method was used to determine the antibacterial activity of the essential oil and hydrosol obtained from myrtle plant leaves. The essential oil and hydrosol of the plant were effective against all test bacteria at different concentrations. The essential oil showed the strongest activity against the bacterial strain Pseudomonas fluorescens ATCC 49642, while the hydrosol showed against the bacterial strain Bacillus cereus ATCC 11778. The essential oil and hydrosol showed the lowest activity against Streptococcus salivarius RSHE 606 bacterial strain.*

***Keywords:** Myrtus Communis L., Essential Oil, Hydrosol, Antibacterial Activity*

INTRODUCTION

Myrtle (*Myrtus communis* L.) plant, which is included to the Myrtaceae family, is one of the most important plants of the Mediterranean scrub community. In Turkey, it can be grown in all coastlines, foremost in the Mediterranean and Aegean Regions, especially in scrub communities at an altitude of 500-600 m from the sea (Kaya ve Aladağ, 2009). Local names in our country are "murt", "hambeles", "myrtle". In some places, its leaf is called "spring" (Oğur, 1994).

The antibacterial, antiviral, insecticidal and antifungal activities of the essential oils of the myrtle plant were investigated. The essential oils obtained from the fresh or dry leaves of the plant are used in the cosmetics, confectionery and beverage industries (Akgül and Bayrak, 1989; Boelens and Jimenez, 1992; Özek et al., 2000).

Gülücü (2007) reported eucalyptol (= 1.8-cineole; 38.04%) and α-pinene (32.70%) as major components in a study conducted with *M. communis* leaf samples collected from Hatay.

Başak Şahin (2008) states that eucalyptol (= 1.8-cineole; 40.32%) and α-pinene (28.25%) are the most aundant components in leaf samples collected from Mersin, Bozyaka region.

The aim of the study is to examine the antibacterial effects of essential oils and hydrosols of myrtle leaves against some pathogenic bacteria.

MATERIALS and METHOD

Isolation of essential oil and hydrosol

Essential oil and hydrosol were obtained from air-dried in the shade *Myrtus communis* leaves by hydrodistillation for 3 hours using a Clevenger type apparatus.

Bacterial strains

In the antibacterial activity study, eight different standard bacterial strains (*Bacillus cereus* ATCC 11778, *Proteus mirabilis* ATCC 43071, *Enterobacter sakazakii* ATCC 51329, *Pseudumonas fluorescens* ATCC 49642, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Escherichia coli* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 29853, *Streptococcus salivarius* RSHE 606) were used. Bacterial strains were obtained from Selcuk University, Faculty of Science, Department of Biology, Biotechnology Research Laboratory, and all microorganism stocks are kept in the same laboratory.

Determination of antibacterial activity

Bacterial cultures stored at -20°C were incubated in Mueller Hinton Broth (MHB) medium for 24 hours at 37°C. After incubation, bacterial cultures were standardized to Mc Farland 0.5 density with a Mc Farland Densitometer. Samples to be tested were dissolved in 25% dimethyl sulfoxide (DMSO) to obtain stock solutions. Microbroth dilution method was used to determine the antibacterial properties of the samples (Koneman ve ark., 1997). In the study, 100 µL of Mueller Hinton Broth (MHB) medium was placed in 96-well microplates. 100 µL samples were placed in the first wells of the microplates and serial concentrations of samples from 4 mg/mL to 3.906 µg/mL were prepared in the microplates. After serial dilutions in two-fold, 100 µL of bacterial suspension was added to each well (except well 11). The eleventh well of the microplates was used as the negative control (only serial dilutions of samples without bacteria), and the twelfth well was used as the positive control (only bacteria). The antibacterial effect of DMSO, which is used as a solvent, was also checked. Chloramphenicol was used as the standard antibiotic for bacteria and tested in the range of 4 mg/mL to 0.001 µg/mL. Microplates were incubated at 37ºC for 24 hours. In order to better visualize the presence or absence of growth after incubation, 20 µL of Triphenyl tetrazolium chloride (TTC) salt solution was added to the wells and the microplates were incubated at 37ºC for 3 hours. The MIC (Minimum Inhibitory Concentration) value was determined as the lowest substance concentration that did not show any coloration and completely inhibited the growth of the bacteria in the microdilution wells after incubation.

RESULTS and DISCUSSION

The essential oil and hydrosol obtained from the leaves of *Myrtus communis* showed antibacterial activity against all bacterial strains used in the microdilution study. While essential oil and hydrosol were effective at the same level (1 mg/mL) against *Enterobacter sakazakii* ATCC 51329 strain, it was observed that the control antibiotic was more effective (0.0004 mg/mL). Both essential oil and hydrosol were equally effective (2 mg/mL) against *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 bacteria, while the control antibiotic was more effective (0.5 mg/mL). It was determined that the MIC value of the essential oil and hydrosol was the same (4 mg/mL) against the *Streptococcus salivarius* RSHE 606 bacterial strain, while the MIC value of the control antibiotic was 1 mg/mL. The essential oil and control antibiotic *Bacillus cereus* ATCC 11778 strain had the same level of efficacy (1 mg/mL), while hydrosol was found to be more effective (0.25 mg/mL). The control antibiotic is more effective against *Proteus mirabilis* ATCC 43071 (0.0625 mg/mL), the MIC of the essential oil is 2 mg/mL, and the hydrosol is 0.5 mg/mL. The MIC of the essential oil against *Pseudomonas fluorescens* ATCC 49642 is 0.5 mg/mL, and the hydrosol is 2 mg/mL. The control antibiotic is more effective against the same bacterial strain and its MIC value is 0.0002 mg/mL. Essential oil, hydrosol and control antibiotic showed similar effects against *Escherichia coli* ATCC 25923 bacteria. The MIC value of the essential oil is 1 mg/mL, the hydrosol 2 mg/mL, and the control antibiotic 0.5 mg/mL against this bacteria. While hydrosol and

control antibiotic show the same level of effect (1 mg/mL) against *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 29853 bacterial strain, the essential oil has a close (2 mg/mL) effect (Table 1).

Table 1: MIC values (mg/mL) of essential oil and hydrosol obtained from *Myrtus communis* leaves

	A	**B**	**C**
Bacillus cereus ATCC 11778	1	0.25	1
Proteus mirabilis ATCC 43071	2	0.5	0.0625
Enterobacter sakazakii ATCC 51329	1	1	0.0004
Pseudumonas fluorescens ATCC 49642	0.5	2	0.0002
Staphylococcus aureus ATCC 6538	2	2	0.5
Escherichia coli ATCC 25923	1	2	0.5
Pseudomonas aeruginosa ATCC 29853	2	1	1
Streptococcus salivarius RSHE 606	4	4	1

A: *Myrtus communis* essential oil, B: *Myrtus communis* hydrosol, C: Control antibiotic (Chloramphenicol)

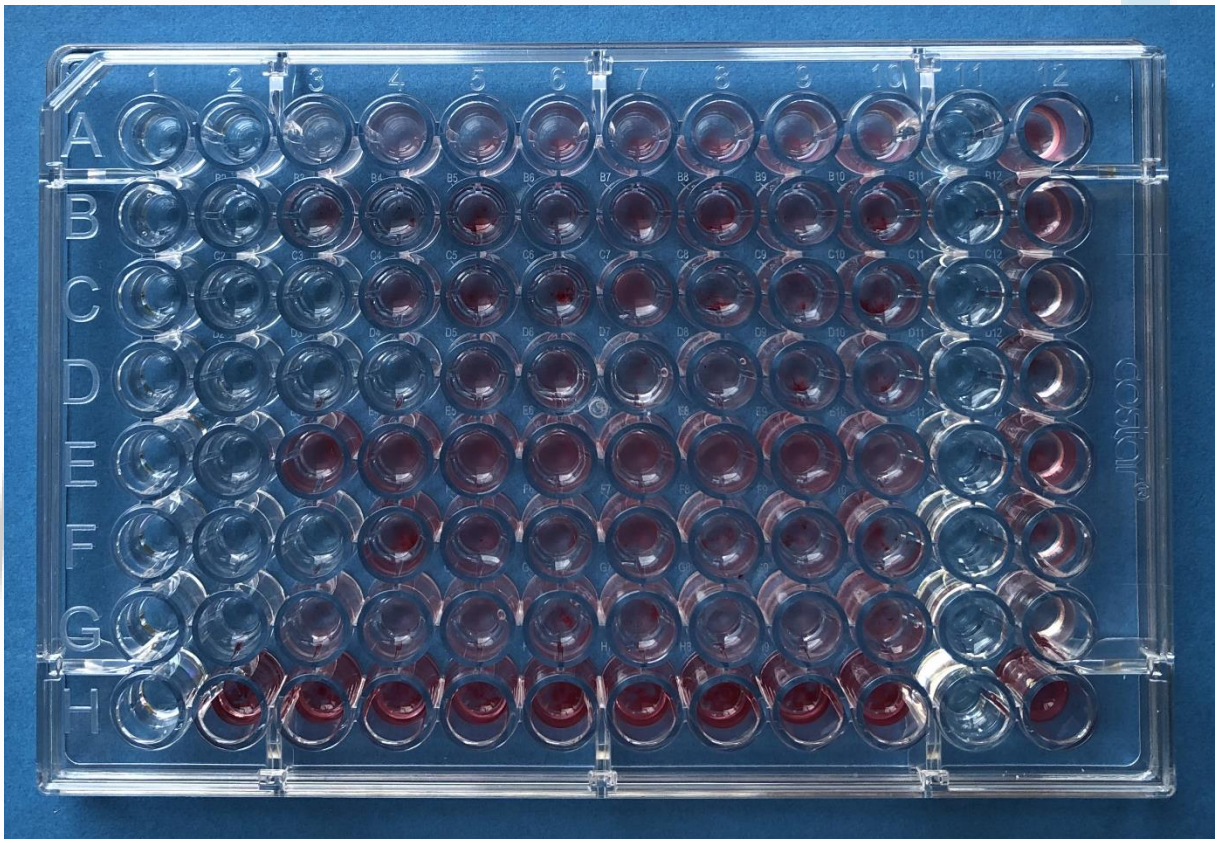


Figure 1: Microplate of *Myrtus communis* essential oil

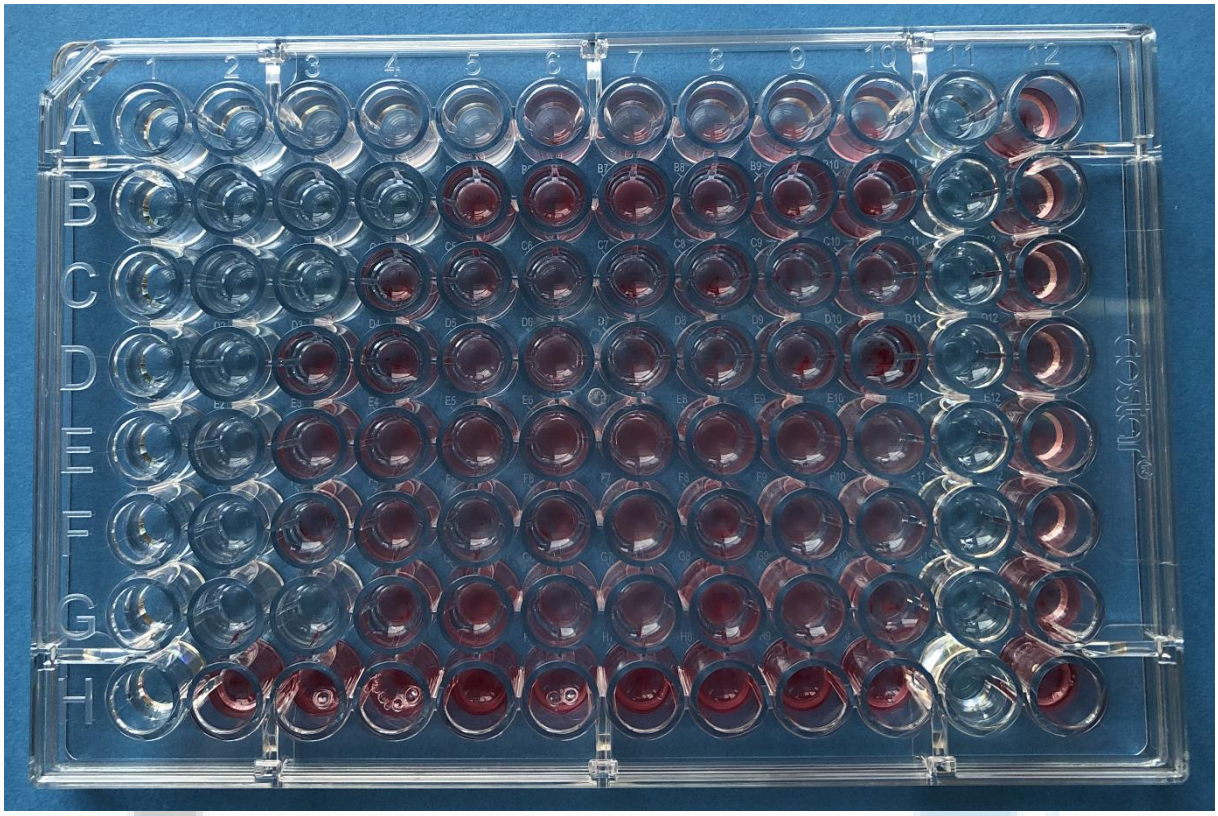


Figure 2: Microplate of *Myrtus communis* hydrosol

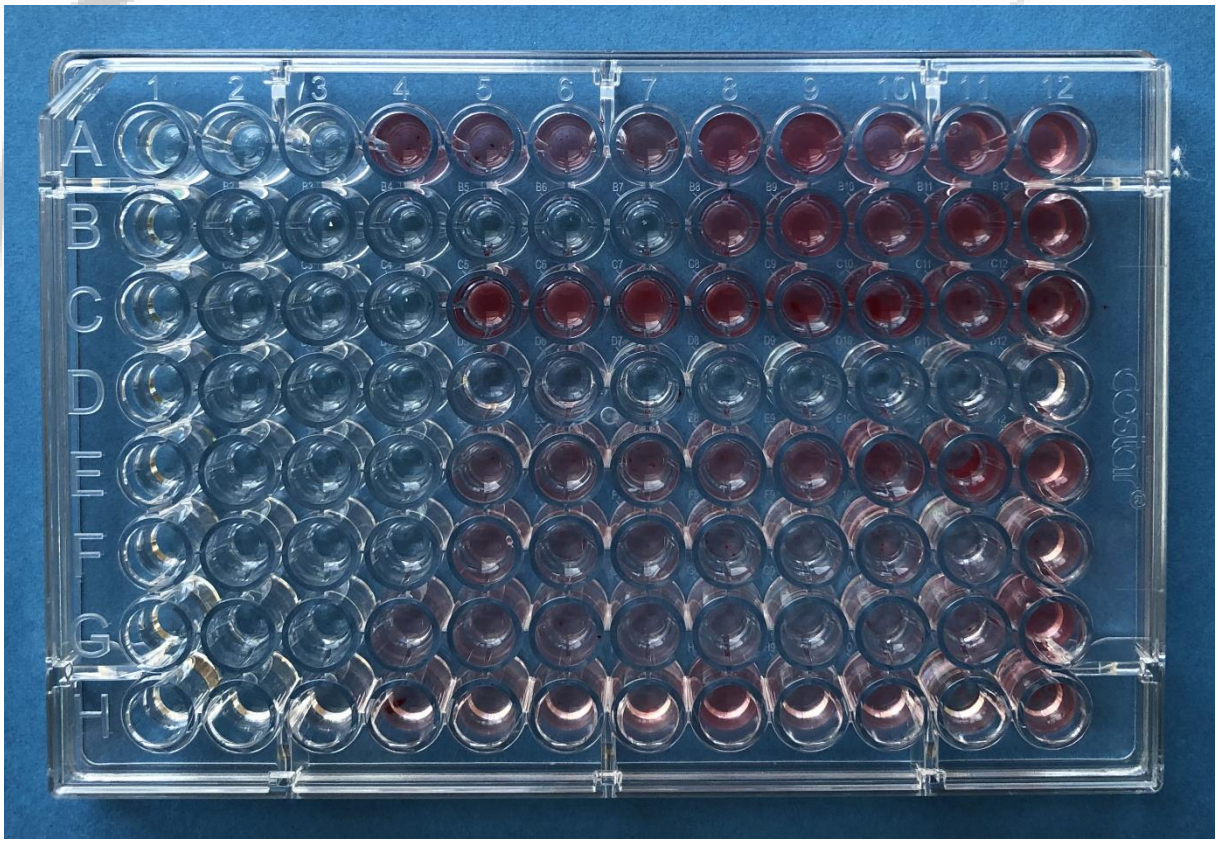


Figure 3: First microplate of Chloramphenicol

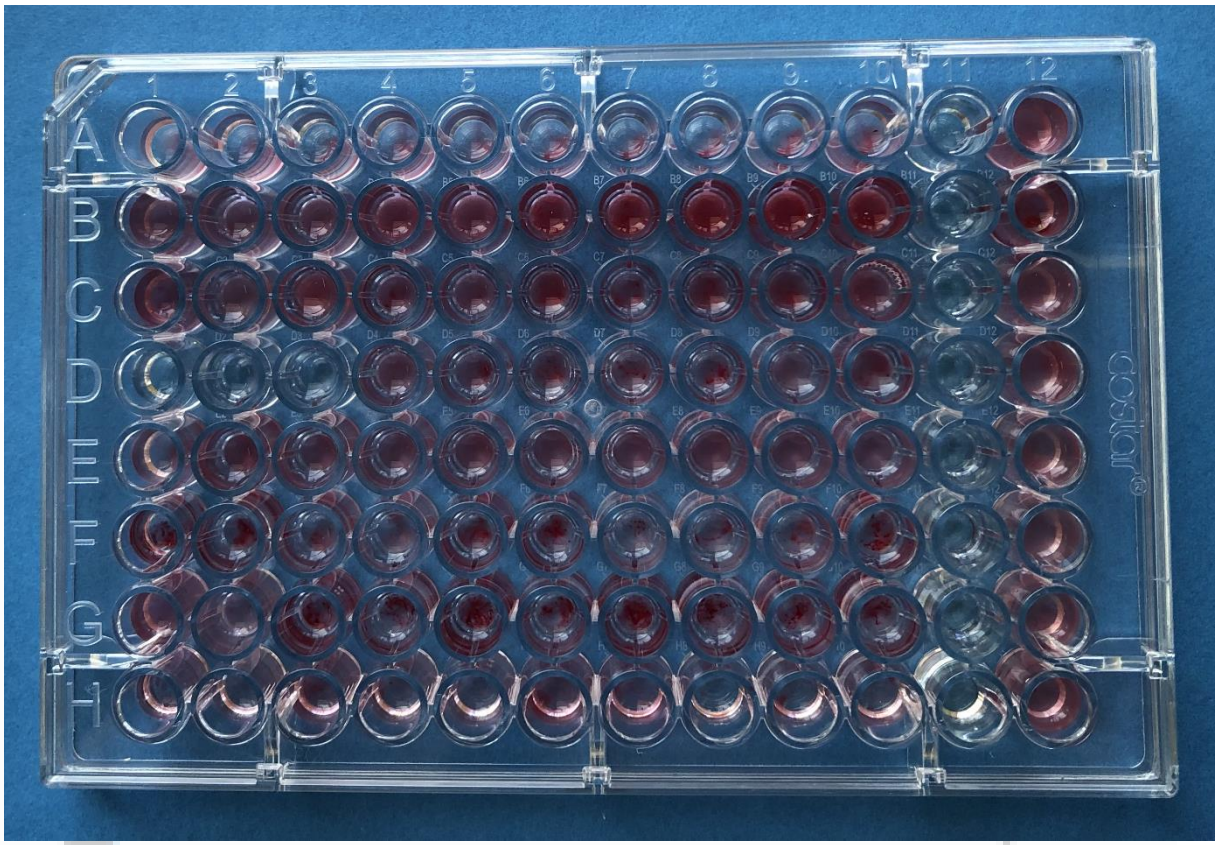


Figure 4: Second microplate of Chloramphenicol

In many studies, it has been reported that *M.communis* essential oil shows antibacterial activity against oral pathogens (Hedayati et al., 2013, Fani et al., 2014, Laouer et al., 2009, Zarai et al., 2011).

Akin et al., (2010) stated in their study that the essential oil of *M. communis* collected from Northern Cyprus showed a significant antibacterial activity against some gram-positive and gram-negative bacteria species.

In the results of our study, the effect of hydrosol was also observed at various concentrations against the test bacteria.

As a result, it is suggested that the pharmacological properties of the essential oils and hydrosol of the myrtle plant leaves can be examined and their use in medicine, cosmetics and industrial fields may be beneficial.

REFERENCES

Akgül, A., Bayrak, A., Essential oil content and composition of myrtle (Myrtus communis L.) leaves. Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 13:143–147., 1989.

Akin M., Aktumsek A. and Nostro, A., Antibacterial activity and composition of the essential oils of Eucalyptus camaldulensis Dehn. and Myrtus communis L. growing in Northern Cyprus African Journal of Biotechnology Vol. 9 (4), pp. 531-535, 2010.

Başak Şahin, S., Okaliptus (Eucalyptus Camaldulensis Dehnh.), Defne (Laurus Nobilis L.) ve Mersin (Myrtus Communis L.)'den elde edilen uçucu yağların, α-amilaz ile α-glukozidaza etkisi ve antioksidan özellikleri. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 111 s., Sivas., 2008.

Boelens, M.H., Jimenez, R., The chemical composition of Spanish myrtle oils. Journal of Essential Oil Research, 4: 349–353., 1992.

Hedayati A., Khosropanah H., Bazargani A., Abed M., and Emami A., "Assessing the antimicrobial effect of the essential oil of Myrtus communis on the clinical isolates of Porphyromonas gingivalis: an in vitro study," Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products, vol. 8, no. 4, pp. 165–168, 2013.

Fani M. M., Kohanteb J., and Araghizadeh A. , "Inhibitory activity of Myrtus communis oil on some clinically isolated oral pathogens," Medical Principles and Practice, vol. 23, no. 4, pp. 363–368, 2014.

Gülücü, S., Eterik yağların elde edilmesi ve özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 63 s. Antakya, 2007.

Kaya, B., & Aladağ, C., Maki ve Garig topluluklarının Türkiye'deki yayılış alanları ve ekolojik özelliklerinin incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 22, 67-80, 2009.

Koneman, E.W., Allen, S.D., Janda, W.M., Schreckenberger, P.C. and Winn, W.C., Color atlas and textbook of diagnostic microbiology. Lippincott-Raven Pub, Philadelphia, USA, 785-856, 1997.

Laouer H., Yabrir B., Djeridane A., Yousfi M., Beldovini N., and Lamamra M., "Composition, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil of Marrubium deserti," Natural product communications, vol. 4, no. 8, pp. 1133–1138, 2009.

Oğur, R., Mersin bitkisi (Myrtus communis L.) hakkında bir inceleme. Çevre Dergisi, 10: 21-25, 1994.

Özek, T., Demirci,F., Başer, K.H.C., Chemical composition of Turkish myrtle oil. Journal of Essential Oil Research, 12: 541–544., 2000.

Zarai Z., Kadri A., Ben Chobba I., et al., "(e in-vitro evaluation of antibacterial, antifungal and cytotoxic properties of Marrubium vulgare L. essential oil grown in Tunisia," Lipids in Health and Disease, vol. 10, no. 1, p. 161, 2011.

Presentation ID / Sunum No: 84

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID:
Hatice TANER SARAÇOĞLU: 0000-0001-9502-3739
Mehtap AKIN: 0000-0003-2554-236X

Antibacterial Properties of Eucalyptus Globulus Labill Essential Oil and Hydrosol

Dr. Öğretim Üyesi Hatice Taner Saraçoğlu[1], Doç.Dr. Mehtap Akın[1]
[1] *Selcuk University, Faculty of Science, Department of Biology, Konya.*

**Corresponding Author: Hatice Taner Saraçoğlu*

***Abstract**:In this study, the antibacterial effects of essential oil and hydrosol obtained from Eucalyptus globulus Labill. leaves collected from Antalya-Adrasan on eight different bacterial strains (Bacillus cereus ATCC 11778, Proteus mirabilis ATCC 43071, Enterobacter sakazakii ATCC 51329, Pseudumonas fluorescens ATCC 49642, Staphylococcus aureus ATCC 6538, Escherichia coli ATCC 25923, Pseudomonas aeruginosa ATCC 29853, Streptococcus salivarius RSHE 606) were investigated by microdilution method. It has been observed that the essential oil and hydrosol of Eucalyptus globulus Labill. leaves have antibacterial activity at different concentrations against the test bacteria. Eucalyptus globulus Labill. essential oil and hydrosol showed the least effect against Streptococcus salivarius RSHE 606, while Eucalyptus globulus Labill. essential oil showed the strongest effect against Pseudomonas fluorescens ATCC 49642 and hydrosol against Bacillus cereus ATCC 11778.*

***Keywords:** Eucalyptus Globulus Labill., Essential Oil, Hydrosol, Antibacterial Activity*

INTRODUCTION

The spread of drug-resistant pathogens is one of the most serious threats to the treatment of microbial diseases. As a result of the overuse and misuse of antibiotics, especially in developing countries, the increasing problem of antimicrobial resistance has become an important public health problem worldwide (Ruifang ve ark., 2006). Plants have been used for centuries and the demand for natural products is increasing, although many are being replaced by synthetic ones (Guillén ve ark., 1996; Jones, 1996).

Plants have antibacterial, antifungal, antiviral, insecticide and antioxidant properties (Burt, 2004; Kordali et al., 2005). Plants rich in secondary metabolites such as glycosides, organic acids, tannins, alkaloids, fixed oils, essential oils, resinous compounds, vitamins and antibiotics are in the group of medicinal and aromatic plants. The medicinal effects of these plants are produced by the secondary metabolites in their structure (Özyurt, 1992; Baydar, 2005). Plants do not cause microbial resistance due to the diversity of their mechanisms of action. Therefore, they are the most promising natural antibiotics (Dobre ve ark., 2011). Essential oils obtained from aromatic plants have recently become more popular and scientifically interesting. Many plants are used in different industries such as food, pharmaceutical and perfumery industries (Zarai ve ark.,2012).

Eucalyptus, which belongs to the Myrtaceae family, is an evergreen plant that can reach 100 m in length (Tisserand and Young, 2014). Eucalyptus, which is native Australia, is also known as "malaria tree" among the people because it is used for drying the swamps in regions where malaria is common (Gökçe and Karlıkaya, 2002). “Gum trees” or “Eucalypts” include three genera taxonomically, namely Eucalyptus, Angophora and Corymbia (Sytsma et al., 2004; Brooker and

Kleinig, 2006). The genus Eucalyptus is a large genus of the Myrtaceae family, containing about 900 species and subspecies (Brooker and Kleinig, 2004). The best known species of the genus Eucalyptus is *Eucalyptus globulus* Labill (Blue Gum), which is native to south-eastern Australia and Tasmania, and is also cultivated in the Mediterranean region (Brooker and Kleinig, 2006; Luis et al., 2014). The main components of the essential oil obtained by hydrodistillation from *Eucalyptus globulus* leaves are 1,8-cineole, limonene, α-pinene and β-pinene (Tisserand and Young, 2014). One of the essential oil components, 1,8-cineole is the major main component (Boukhatem et al., 2020; Damjanović-Vratnica et al., 2011; Öztürk, 2017). Eucalyptus essential oil is used in medicine, aromatherapy and perfumery (Bremness 2000). Eucalyptus essential oil is used in muscle and joint pain, rheumatic pain, respiratory tract (relief of asthma, bronchitis, cough, cold and flu symptoms) (Kim et al., 2014; Worth et al., 2009). The essential oil has strong antibacterial, antifungal, antiviral, and antifungal activities (Elaissi et al., 2012).

This study was carried out to determine the antibacterial effects of essential oil and hydrosol obtained from *Eucalyptus globulus* Labill. leaves on eight different bacterial strains.

MATERIALS and METHOD

Isolation of essential oil and hydrosol

Essential oil and hydrosol were obtained from air-dried in the shade *Eucalyptus globulus* (Figure 1 and 2) leaves by hydrodistillation for 3 hours using a Clevenger type apparatus.

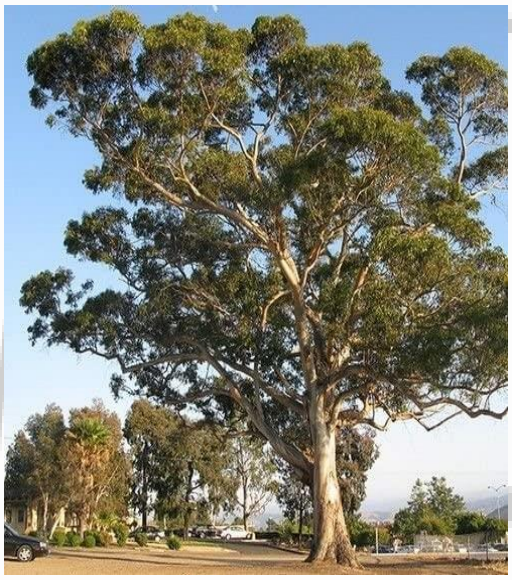


Figure 1: *Eucalyptus globulus* L.

Reference: http-1



Figure 2: *Eucalyptus globulus* L. leaves and fruits

Reference: http-2

Bacterial strains

In the antibacterial activity study, eight different standard bacterial strains (*Bacillus cereus* ATCC 11778, *Proteus mirabilis* ATCC 43071, *Enterobacter sakazakii* ATCC 51329, *Pseudumonas fluorescens* ATCC 49642, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Escherichia coli* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 29853, *Streptococcus salivarius* RSHE 606) were used. Bacterial strains were obtained from Selcuk University, Faculty of Science, Department of Biology, Biotechnology Research Laboratory, and all microorganism stocks are kept in the same laboratory.

Determination of antibacterial activity

Bacterial cultures stored at -20°C were incubated in Mueller Hinton Broth (MHB) medium for 24 hours at 37°C. After incubation, bacterial cultures were standardized to Mc Farland 0.5 density with a Mc Farland Densitometer. Samples to be tested were dissolved in 25% dimethyl sulfoxide (DMSO) to obtain stock solutions. Microbroth dilution method was used to determine the antibacterial properties of the samples (Koneman ve ark., 1997). In the study, 100 µL of Mueller Hinton Broth (MHB) medium was placed in 96-well microplates. 100 µL samples were placed in the first wells of the microplates and serial concentrations of samples from 4 mg/mL to 3.906 µg/mL were prepared in the microplates. After serial dilutions in two-fold, 100 µL of bacterial suspension was added to each well (except well 11). The eleventh well of the microplates was used as the negative control (only serial dilutions of samples without bacteria), and the twelfth well was used as the positive control (only bacteria). The antibacterial effect of DMSO, which is used as a solvent, was also checked. Chloramphenicol was used as the standard antibiotic for bacteria and tested in the range of 4 mg/mL to 0.001 µg/mL. Microplates were incubated at 37ºC for 24 hours. In order to better visualize the presence or absence of growth after incubation, 20 µL of Triphenyl tetrazolium chloride (TTC) salt solution was added to the wells and the microplates were incubated at 37ºC for 3 hours. The MIC (Minimum Inhibitory Concentration) value was determined as the lowest substance concentration that did not show any coloration and completely inhibited the growth of the bacteria in the microdilution wells after incubation.

RESULTS and DISCUSSION

The essential oil and hydrosol obtained from *Eucalyptus globulus* leaves by hydrodistillation method showed antibacterial effect against all bacterial strains used in the study. While the MIC value of *Eucalyptus globulus* essential oil and control antibiotic against *Bacillus cereus* ATCC 11778 bacteria was 1 mg/mL, the MIC value of *Eucalyptus globulus* hydrosol was determined as 0.25 mg/mL. The MIC value of the essential oil against *Proteus mirabilis* ATCC 43071 bacteria was determined as 1 mg/mL, the MIC value of the hydrosol 2 mg/mL, and the MIC value of the control antibiotic as 0.0625 µg/mL. The MIC value of the essential oil against *Enterobacter sakazakii* ATCC 51329 bacteria is 2 mg/mL, the MIC value of the hydrosol is 1 mg/mL, and the MIC value of the control antibiotic is 0.0004 mg/mL. The MIC value of the essential oil against *Pseudomonas fluorescens* ATCC 49642 bacteria is 0.25 mg/mL, the MIC value of the hydrosol is 0.5 mg/mL, and the MIC value of the control antibiotic is 0.0002 mg/mL. The MIC value of the essential oil against *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 bacteria is 1 mg/mL, the MIC value of the hydrosol is 2 mg/mL, and the MIC value of the control antibiotic is 0.5 mg/mL. Both essential oil and hydrosol were equally effective against *Escherichia coli* ATCC 25923 bacteria. The MIC value of the essential oil and hydrosol against this bacteria was 2 mg/mL, while the MIC value of the control antibiotic was 0.5 mg/mL. Hydrosol and control antibiotic are effective against *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 29853 bacteria at the same concentrations, with MIC values of 1 mg/mL. The MIC value of the essential oil against this bacteria is 2 mg/mL. The MIC values of the essential oil and hydrosol against *Streptococcus salivarius* RSHE 606 bacteria are 4 mg/mL. The control antibiotic is more effective against this bacteria and its MIC value is 1 mg/mL (Table 1).

Table 1. MIC values (mg/mL) of essential oil and hydrosol obtained from *Eucalyptus globulus* leaves

Mikroorganizmalar/Örnekler	**A**	**B**	**C**
Bacillus cereus ATCC 11778	1	0.25	1
Proteus mirabilis ATCC 43071	1	2	0.0625
Enterobacter sakazakii ATCC 51329	2	1	0.0004
Pseudumonas fluorescens ATCC 49642	0.25	0.5	0.0002
Staphylococcus aureus ATCC 6538	1	2	0.5
Escherichia coli ATCC 25923	2	2	0.5
Pseudomonas aeruginosa ATCC 29853	2	1	1
Streptococcus salivarius RSHE 606	4	4	1

A: *Eucalyptus globulus* essential oil, B: *Eucalyptus globulus* hydrosol, C: Control antibiotic (Chloramphenicol)

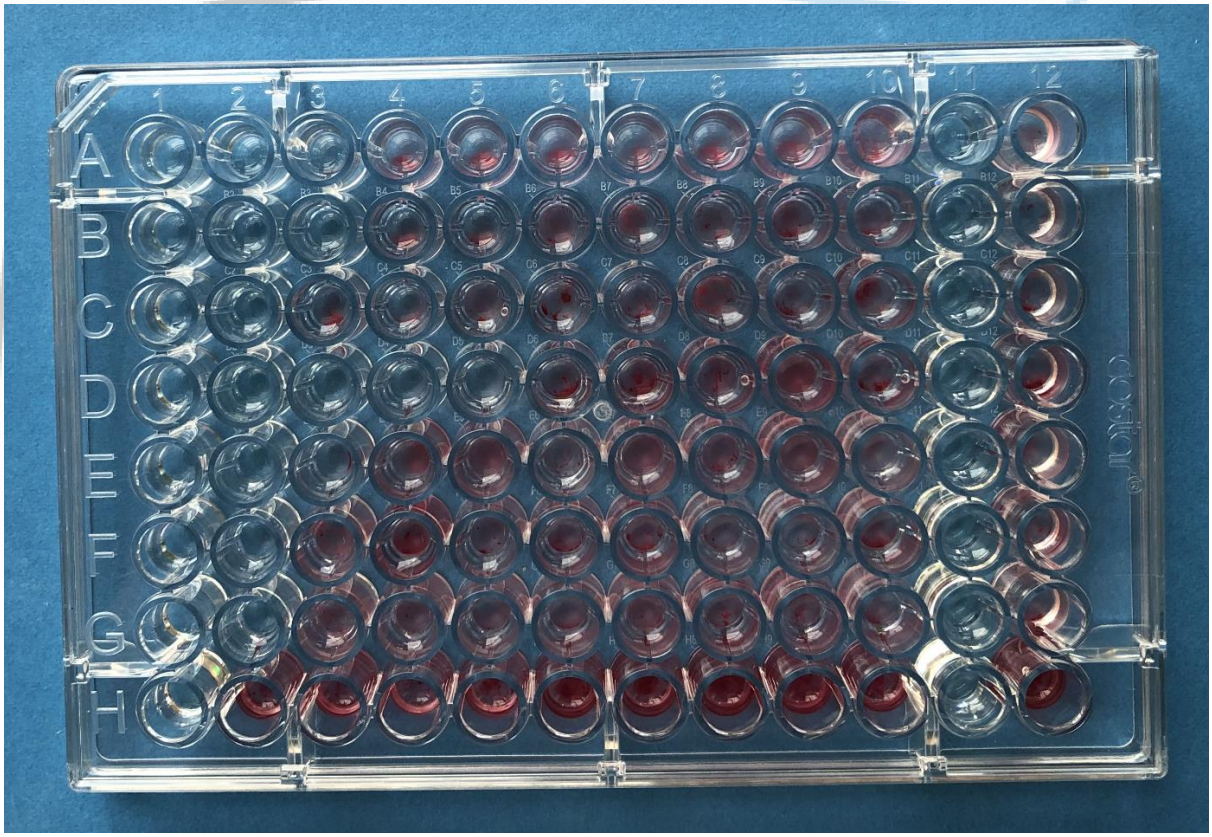


Figure 3. Antibacterial activity microplate of *Eucalyptus globulus* essential oil

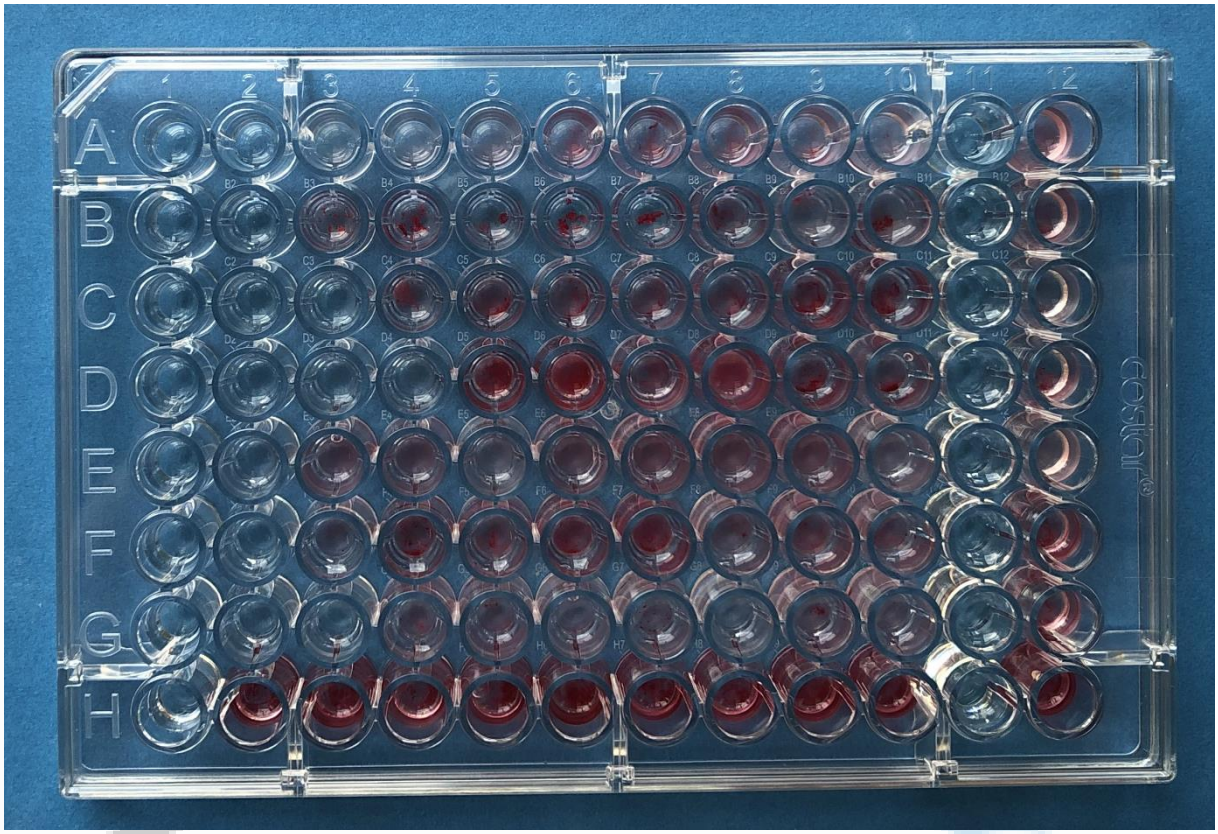


Figure 4: Antibacterial activity microplate of *Eucalyptus globulus* hydrosol

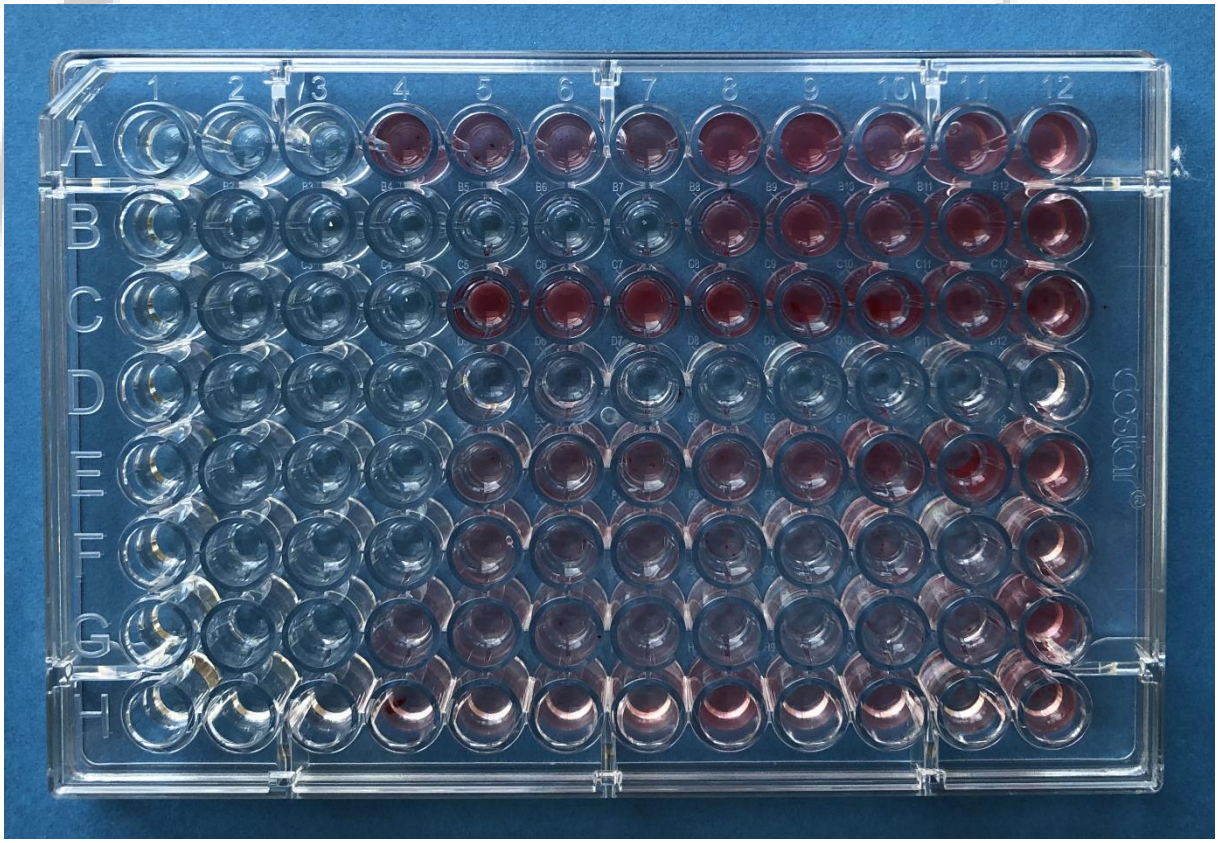


Figure 5. First microplate of antibacterial activity of Chloramphenicol

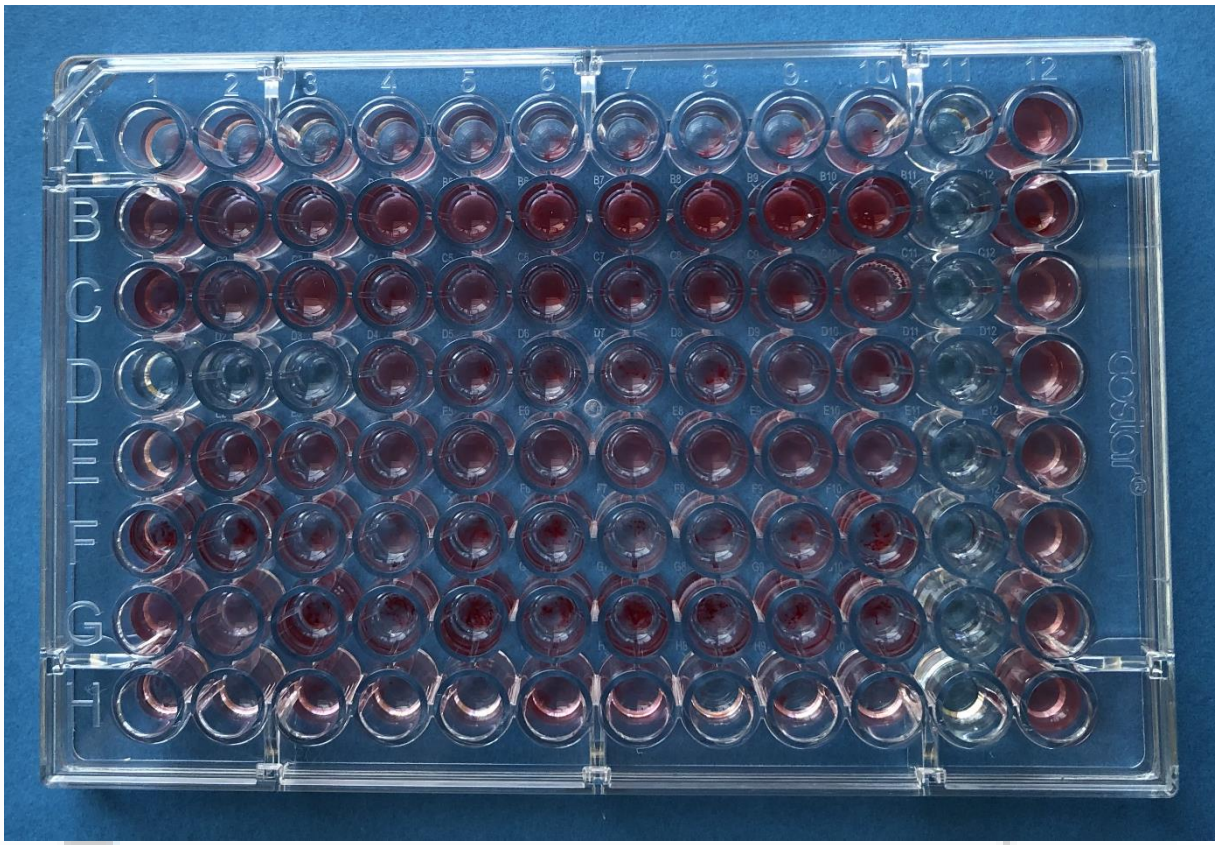


Figure 6. Second microplate of antibacterial activity of Chloramphenicol

Damjanović-Vratnica et al. (2011) in their study, reported that *Eucalyptus globulus* leaf essential oil was effective against *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 25923 standard strains and *E. coli*, *S. aureus*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa* isolates.

Bachir Raho and Benali (2012) found that the essential oil obtained from the fresh leaves of *Eucalyptus globulus* has antibacterial activity against clinical isolates of *S. aureus* and *E. coli*.

In another literature, it has been reported that Eucalyptus globulus essential oil has an antibacterial effect against *S. aureus* ATCC 6538 bacteria (Göger et al., 2020).

Studies have shown that *Eucalyptus globulus* essential oil has antibacterial effects on different bacteria. However, the MIC values obtained may different.

It is reported in the literature that the chemical composition of essential oil differents depending on the season, locality, climate, soil type, age of the leaves, the method used to dry the plant material and the method of obtaining the essential oil (Doran ve Bell, 1994).

In antibacterial activity studies, different results can be obtained due to the differences in the methods of obtaining the essential oil used, the differences in the ratios of the compounds in the composition of the essential oil, and the use of different bacterial strains in the studies.

Our study results show that *Eucalyptus globulus* essential oil and hydrosol have antibacterial activity against the bacteria we used in the study, and these products can be considered as natural antibiotics. This study, which we have done, forms the basis for future studies, but there is a need for a better understanding of essential oil and hydrosol compounds.

REFERENCES

Bachir, R.G., Benali, M., 2012, Antibacterial activity of the essential oils from the leaves of Eucalyptus globulus against Escherichia coli and Staphylococcus aureus. Asian Pac J Trop Biomed, 2(9): 739-742.

Baydar, H., 2005, Aromatik ve keyf bitkileri bilimi ve teknolojisi, S.D.Ü. Basımevi, Yayın No; 51, Isparta, 1-90.

Boukhatem, M.N., Boumaiza, A., Nada, H.G., Rajabi, M., Shaker A., Mousa, S.A., 2020, Eucalyptus globulus essential oil as a natural food preservative: antioxidant, antibacterial and antifungal properties in vitro and in a real food Matrix (Orangina fruit juice). Appl. Sci., 10(16), 5581.

Bremness, L., 2000, Herbs. Dorling Kindersley, London: 54.

Brooker, M.I.H., Kleinig, D.A., 2004, Field guide to Eucalypts (2nd ed.). Northern Australia (Vol. 3). Melbourne: Bloomings Books.

Brooker, M.I.H., Kleinig, D.A., 2006, Field Guide to Eucalypts, Volume 1, South-eastern Australia, 3rd ed.; Bloomings Books Pty Ltd: Richmond, VA, USA.

Burt, S.A., 2004, Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. Inter J Food Microbiol, 94: 223-253.

Damjanović-Vratnica, B., Đakov, T., Šuković, D., Damjanović, J., 2011, Antimicrobial effect of essential oil isolated from Eucalyptus globulus Labill. from Montenegro. Czech J. Food Sci. Vol., 29(3): 277–284.

Dobre, A.A., Gagiu, V., Petru, N., 2011, Anti-bacterial activity of Essential oils against food-borne bacteria evaluated by two preliminary methods. Romanian Biotechnology letters, 16(6): 119-125.

Doran, J.C., Bell, R.E., 1994, Influence of non-genetic factors on yield of monoterpenes in leaf oils of Eucalyptus camaldulensis. New Forests, 8: 363 - 379.

Elaissi, A., Rouis, Z., Salem, N.A.B., Mabrouk, S., Salem, Y.B., Salah, K.B.H., Aouni, M., Farhat, F., Chemli, R., Harzallah-Skhiri, F., Khouja, M.L., 2012, Chemical composition of 8 Eucalyptus species' essential oils and the evaluation of their antibacterial, antifungal and antiviral activities. BMC Complement Altern Med, 12: 81-95.

Göger, G., Karaca, N., Altınbaşak, B. B., Demirci, B., Demirci, F., 2020, In vitro antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory evaluation of Eucalyptus globulus essential oil. Nat. Volatiles & Essent. Oils, 7(3): 1-11.

Gökçe, N., Karlıkaya, E., 2002, Okaliptüs (Eucalyptus globulus): Sıtma Ağacı. Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 19(3-4), 189-194.

Guillén, M.D., Cabo, N., Burillo, J., 1996, Characterisation of the essential oils of some cultivated aromatic Plants of industrial interest. J Sci Food Agric, 70: 359-363.

Jones, F.A., 1996, Herbs-useful plants, Their role in history and today, European Journal of Gastroenterology and Hepatology, 8: 1227-1231.

Kim, K.Y., Seo, H.J., Min, S.S., Park, M., Seol, G.H., 2014, The effect of 1,8-cineole inhalation on preoperative anxiety: a randomized clinical trial. Evid Based Complement Alternat Med, 2014: 820126.

Koneman, E.W., Allen, S.D., Janda, W.M., Schreckenberger, P.C. and Winn, W.C., 1997, Color atlas and textbook of diagnostic microbiology. Lippincott-Raven Pub, Philadelphia, USA, 785-856.

Kordali, S., Kotan, R., Mavi, A., Cakir, A., Ala, A., Yildirim, A., 2005, Determination of the chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of Artemisia dracunculus and of the antifungal and antibacterial activities of Turkish Artemisia absinthium, A.dracunculus, Artemisia santonicum, and Artemisia spicigera essential oils. J Agric Food Chem, 53: 9452-9458.

Luis, A., Neiva, D., Pereira, H., Gominho, J., Domingues, F., Duarte, A.P., 2014, Stumps of Eucalyptus globulus as a source of antioxidant and antimicrobial polyphenols. Molecules, 19, 16428–16446.

Öztürk, G., 2017, Ağız patojenlerine etkili olabilecek bazı uçucu yağların kimyasal bileşiminin ve antimikrobiyal aktivitesinin değerlendirilmesi, Anadolu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Özyurt, M.S., 1992, Ekonomik botanik, Erciyes Üniveristesi Yayınları, No; 47, Kayseri, 8-13.

Ruifang, Z., Karen, E., Vincent, R., Richard, J.Z., 2006, Antibiotic Resistance as a Global Threat: Evidence from China, Kuwait and the United States. Globalization Health, 2: 6.

Sytsma, K.J., Litt, A., Zjhra, M.L., Pires, C., Nepokroeff, M., Conti, E., Walker, J., Wilson, P.G., 2004, Clades, clocks, and continents: Historical and biogeographical analysis of Myrtaceae, Vochysiaceae, and relatives in the shouthern hemisphere. Int. J. Plant Sci., 165, S85–S105.

Tisserand, R., Young, R., 2014, Essential Oils Safety. 2nd ed. London: Churchill Livingstone Elsevier.

Worth, H., Schacher, C., Dethlefsen, U., 2009, Concomitant therapy with cineole (Eucalyptol) reduces exacerbations in COPD: A placebocontrolled double-blind trial. Respir Res, 10(1): 69-75.

Zarai, Z., Chobba, I.B., Mansour, R.B., Békir, A., Gharsallah, N., Kadri, A., 2012, Essential oil of the leaves of Ricinus communis L. In vitro cytotoxicity and antimicrobial properties. Lipids in Health and Disease, 11:102

http-1 https://www.amazon.co.uk/Eucalyptus-Blue-Tree-Seeds-Globulus/dp/B07D6JHNBN

http-2 https://www.monaconatureencyclopedia.com/eucalyptus-globulus/?lang=en

Presentation ID / Sunum No: 95

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-0266-3775

Türkiye'de Buğday Fiyatlarının Ekonomik Analizi, Pazarlama Marjları ve Arz Duyarlılığı

Dr. Öğretim Üyesi Hediye Kumbasaroglu
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Pazarlama ve Dış Ticaret Bölümü Pazarlama Programı,
hediye.kumbasaroglu@erzincan.edu.tr

Özet: *Bu çalışmada tarımsal üretim açısından oldukça önemli bir paya sahip olan tahıl ürünlerinden buğdayın, Türkiye'deki üretici–tüketici fiyatları ve pazarlama marjının incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada zaman serisi olarak 2002-2021 yılları arasının seçilmesi ve baskın karakteristik özellikleri ile hesaba, üretim miktarının ve verim parametrelerinin katılması öngörülmüştür. Buğdayın, yürütülecek hesaplamalara bağlı olarak, başta pazarlama marjı olmak üzere, dış ticaret, üretim–tüketim ve fiyat dalgalanmaları üzerine kapsamlı tartışmaların yapılması hedeflenmiştir. Buna göre, araştırma süreci aşağıda maddeler halinde sunulduğu gibi planlanmıştır: 1) buğdayın cari fiyatına göre reel fiyatlarının (2021=100) hesabı; 2) buğdayın cari ve reel fiyatlarına göre pazarlama marjlarının hesabı; 3) buğdayın cari fiyatına göre üretici-tüketici zincirleme indeks hesabı; 4) elde edilecek araştırma bulgularının yıllık enflasyon oranları ile karşılaştırılması; 5) buğdayın ekim alanlarına bağlı olduğu belirlenen buğday ekim alanlarının ekonomik etkenler karşısındaki duyarlılığının tespit edilmesidir. Elde edilecek sonuçlara göre cari buğday arzının göreceli olarak tartışılması hedeflenmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Buğday, Pazarlama Yapısı, Fiyat Dalgalanmaları, Arz Duyarlılığı.*

Economic Analysis of Wheat Prices, Marketing Margins and Supply Sensitivity in Turkey

Abstract*: In this study, it is aimed to examine the producer-consumer prices and marketing margin of wheat, which has a very important share in agricultural production, in Turkey. In the study, it was envisaged to choose the years 2002-2021 as the time series and to include the dominant characteristic features and the production amount and yield parameters. Depending on the calculations to be carried out, it is aimed to make comprehensive discussions on foreign trade, production-consumption and price fluctuations, especially the marketing margin of wheat. Accordingly, the research process was planned as presented below: 1) calculation of the real prices of wheat (2021=100) according to the current price; 2) calculation of marketing margins according to current and real prices of wheat; 3) producer-consumer chain index calculation according to the current price of wheat; 4) comparing the research findings to be obtained with annual inflation rates; 5) to determine the sensitivity of wheat cultivation areas, which are determined to be dependent on wheat cultivation areas, to economic factors. According to the results to be obtained, it is aimed to discuss the current wheat supply relatively.*

Keywords: *Wheat, Marketing Structure, Price Fluctuations, Supply Sensitivity.*

1. GİRİŞ

Dünya genelinde temel gıda maddesi olarak yer alan hububat, ekmek ve undan yapılan gıda maddeleri ile beslenme ihtiyacının temelini oluşturmaktadır. Hububat ürünlerinin içerisinde buğday en temel besin kaynağıdır. Beslenme ihtiyacının giderilmesinde önemli bir yere sahip olması, tüm dünyada buğday üretimine verilen önemi artırmakta ve bu konuda politikaların geliştirilmesine de sebep olmaktadır.

Dünya üzerinde çok çeşitli buğday türleri bulunmakla beraber genel olarak makarnalık, ekmeklik ve bisküvilik buğday şeklinde 3 gruba ayrılmaktadır (Kurt 2012:5-6). Dünyada buğday üretim miktarı yıllar itibariyle dalgalanmalar göstermektedir. Bu dalgalanmanın en önemli sebebi buğday yetişme döneminde iklim koşullarında meydana gelen değişimlerdir. Yağışın yeterli olduğu yıllarda üretim miktarı artmakta, kurak geçen yıllarda üretim miktarı azalmaktadır (Tiryakioğlu ve ark. 2017:59). Üretilen buğday miktarı ülkelerin tüketimini karşılayamadığı durumlarda buğday ticaretinin önemi giderek artmaktadır.

2020 yılı verilerine göre, dünya genelinde buğday üretimi yaklaşık 790 milyon ton olarak belirlenmiştir. Çin, 2020 yılında yaklaşık 134 milyon tonluk üretim ile (%16.96) dünyadaki buğday üretiminde lider olmuştur. Çin'i sırasıyla 107 milyon ton üretim ile (%13.54) Hindistan, 86 milyon ton ile (%10.89) Rusya ve 50 milyon ton ile (%6.33) ABD takip etmektedir. Türkiye ise 20 milyon ton ile 10. Sırada yer almaktadır (%2.53) (FAO 2022).

Türkiye'deki hububat üretimi 2021 yılı verilerine göre 31.87 milyon ton olarak belirlenmiştir. 31.87 milyon ton toplam hububat üretim miktarının %55.38'ini buğday üretimi oluşturmaktadır. Türkiye'de 2021 yılı buğday üretimi bir önceki yıla göre %14.30 oranında bir azalma göstermiştir. 2002 yılında buğday üretimi 19.50 milyon ton iken 2021 yılında 17.65 milyon ton civarındadır (TÜİK 2022).

Buğday üretiminde ortalama verim dünya geneli için 3.45 ton ha^{-1}'dır. 2020 yılında en yüksek verime sahip ülkeler sırasıyla Çin (5.65 ton ha^{-1}), Ukrayna (3.75 ton ha^{-1}) ve Kanada (3.51 ton ha^{-1})'dır. Türkiye ise sahip olduğu 2.96 ton ha^{-1} verim ile dünya ortalamasının altında yer almaktadır (TMO 2020). Buna karşılık Türkiye'nin buğday verimi, Türkiye ile aynı paralelde bulunan İspanya ve Yunanistan'dan daha yüksektir (Konyalı ve Gaytancıoğlu 2007:252).

Temel besin kaynağı olan buğday uluslararası ticarette de önemli bir yere sahiptir Buğday ihracatı açısından 2020 yılı verilerine göre %20.55'lik (38.9 milyon ton) pay ile ilk sırada Rusya, %15.53'lük (29.4 milyon ton) pay ile ikinci sırada AB Ülkeleri ve %14.16'lık (26.8 milyon ton) pay ile üçüncü sırada ABD yer almaktadır. Türkiye ise ihracatta 185 580 ton pay almaktadır. Çin, dünyada buğday üretiminde 1. sırada yer almasına rağmen iç tüketimlerinin fazla olmasından dolayı ihracattan üretim ölçüsünde pay alamamaktadır (FAO 2022; TMO 2020).

Piyasada ürünlerin fiyatı arz ve talebin kesiştiği noktada oluşur. Buğdayın fiyatı piyasa koşullarında belirlenirken, buğday talep esnekliği düşük olan bir ürün olduğu için buğday fiyatları arz tarafından belirlenmektedir. Bunun yanında girdi maliyetlerindeki artışlarda buğday fiyatını etkilemektedir (Aydın 2022).

Bu çalışmada buğday üretici-tüketici fiyatları dikkate alınarak ekonomik analizler yapılmış ve pazarlama marjı incelenmiştir. Ayrıca 2002-2021 yıllarını içeren zaman serisinde buğdayın arzının ekim alanına bağlı olmasından dolayı, buğday ekim alanlarının ekonomik etkenler karşısındaki duyarlılığını belirlemek için arz duyarlılığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla buğday ekim alanlarını elde ederek parametre tahminleri yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmanın materyal kısmını; buğdayın 2002-2021 arası dönemi kapsayan üretim ve verim miktarları, ekim alanları yanında, buğdayın üretici ve tüketici (perakende) fiyatları ile ithalat-ihracat miktarları oluşturmaktadır. Araştırma kapsamında, sözü edilen materyallerden; üretim ve verim miktarları ile ekim alanları için Türkiye İstatistik Kurumuna (TÜİK 2022) ait veriler kullanılırken, buğdayın üretici (çiftçinin eline geçen) ve tüketici (perakende) fiyatları ile ithalat-ihracat miktarları için de TÜİK (2022), Gıda ve Tarım Örgütü (FAO 2022) ve Toprak Mahsulleri Ofisi'ne (TMO 2020 ve 2021) ait web sitelerinden elde edilen veriler kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Çalışmanın yöntem kısmında ilk olarak, üretici fiyat ve tüketici (perakende) fiyat indeksleri (2021=100) dikkate alınarak, buğday üretici ve tüketici cari fiyatları, reel fiyatlara dönüştürülmüştür. Yıllara göre reel fiyatlardaki dalgalanmalar, öncelikli olarak mutlak değerler halinde hesap edilmiştir ve daha sonra yıllara ait göreceli fiyatlar, karşılaştırılan iki yıldan, ilkinin yüzdesi baz alınarak sonraki ilk fiyata göre idealize edilmiştir. Ortalama değerler hesaplanırken, elde edilen yüzde oranlarının işaretleri, bu çalışmaya özgü olarak, dikkate alınmamıştır (Dağdemir ve Birinci 1999:44). Ayrıca üretici fiyatları (çiftçinin eline geçen) ile tüketicinin (perakende) ödediği fiyatlar arasındaki fark, Pazarlama Marjı olarak hesaplanmıştır (Aşkan ve Dağdemir 2015:20; Topcu 2003:200; Kumbasaroğlu 2021:49).

Çalışmada zincirleme fiyat indeksi (2021=100) hesaplamalarında, 2002-2021 yıl aralığı ele alınarak, üretici ve tüketici (perakende) cari fiyatları yıldan yıla karşılaştırmalı olarak dikkate alınmıştır. Zincirleme fiyat indeksinde temel yıl olmayıp, hesabı yapılan yıla ait indeks (2021=100), bir önceki yılın fiyatı temel alınarak tespit edilmiştir. Zincirleme fiyat indeksi hesabındaki amaç, fiyatın zaman içerisinde yıllık değişmelerini incelemektir. Bir başka değişle, bir sonraki yıla ait sözü edilen cari fiyatların, bir önceki yıla göre artış ve/veya azalış miktarlarının belirlenmesidir (Dağdemir 1998:6; Kumbasaroğlu 2021:49).

Buğdayın üretimi ile üretici (çiftçinin eline geçen) fiyat arasındaki ilişkinin analizi, buğday üretim serisi aynen korunarak, fiyat serisi bir yıl geriye kaydırılarak yapılmıştır. Bilindiği üzere, belirli bir yıldaki (*t*) fiyatın üretim üzerindeki pozitif ve/veya negatif etkisi, ancak bir yıl sonra (*t-1*) ortaya çıkmaktadır.

Arz duyarlılığı, arzı etkileyen faktörlerde, fiyattaki yüzde değişme karşısında arz edilen miktardaki yüzdesel değişmeyi ifade etmektedir. Bu çalışmada sözü edilen duyarlılıktan amaç, fiyattaki yüzde değişmenin arz edilen miktardaki yüzde değişmeye oranı olmayıp, ekonomik faktörlere karşı bağımlı değişkendeki eğilimin tespit edilmesidir. Bu çalışmada arz duyarlılığı, buğday ekim alanlarını etkileyen faktörlerin ekonometrik analizi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, ürünün ekim alanları ile ekim alanlarını etkileyen ekonomik faktörler arasındaki ilişkiler ve bu ilişkilerin dereceleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla SPSS İstatistik Programında çoklu regresyon analizi yapılmıştır.

Buğday arz duyarlılığı hesaplanırken çoklu regresyon fonksiyonunun oluşturulmasında bağımlı değişken olarak;

Y = Ekim alanı (ha) olarak belirlenmiştir.

Bağımsız değişkenler olarak;

X1 = Bir önceki yılda gerçekleşen ekim alanı (ha),

X2 = Birim başına üreticinin eline geçeceği beklenen fiyat (TL kg^{-1}) (t-1 yılına ilişkin fiyat),

X3 = Birim ekim alanı başına beklenen brüt gelir (fiyat*verim),

X4 = Kukla (dummy) değişken (modeldeki değerleri: t = 2002-2011 için 0, 2012-2021 için 1) değişkenleri belirlenmiştir.

Arz modelleri hesap edilirken, kullanılan seriler doğrusal, yarı logaritmik ve tam logaritmik yaklaşımlar denenmiştir. Yürütülen denemelerden yola çıkılarak, en doğru istatistiki sonuçları veren doğrusal modeller, bu araştırma kapsamında yapılan analizler için kullanılmıştır. Tesis edilen modellerde Durbin-Watson testi, zaman serisi analizlerinde ortaya çıkabilen otokorelasyon probleminin olup olmadığının anlaşılması amacıyla uygulanmıştır ve ortaya çıkan otokorelasyon düzeltmeleri, tartışmanın sağlıklı yürütülebilmesi açısından yapılmıştır.

Buğday arz duyarlılığı ile ilgili tahmin edilen doğrusal model, yarı logaritmik model ve tam logaritmik model aşağıda sırasıyla; Eşitlik 1, Eşitlik 2 ve Eşitlik 3'deki gibidir.

$$Y = a + b1X1 + b2X2 + b3X3 + b4X4 \quad (1)$$

$$Y = a + b1\log X1 + b2\log X2 + b3\log X3 + b4\log X4 \quad (2)$$

$$\log Y = a + b1\log X1 + b2\log X2 + b3\log X3 + b4\log X4 \quad (3)$$

3. BULGULAR

2002 yılı ile 2021 yılı karşılaştırıldığında, geçen yirmi yılda buğday ekim alanında %14.30 oranında düşüş görülürken, üretim miktarında %14.30, verimde %59.32 oranında artış olmuştur. Türkiye İstatistik Kurumunun (2022) verilerine göre, yirmi yıllık ortalamalar ele alındığında, buğdayın ekim alanının 8.01 milyon hektar, üretim miktarının 20.05 milyon ton, verim miktarının ise 252.45 kg da^{-1} olduğu hesap edilmiştir. Verimin en yüksek olduğu yıl 287 kg da^{-1} ile 2015 yılı olurken, en düşük olduğu yıl 209 kg da^{-1} ile 2003 yılı olmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Türkiye'de buğday ekiliş, üretim ve verim durumu (2002 – 2021).

Yıllar	Ekim Alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg da-1)
2002	9300000	19500000	210
2003	9100000	19000000	209
2004	9300000	21000000	226
2005	9250000	21500000	232
2006	8490000	20010000	236
2007	8097000	17234000	213
2008	8090000	17782000	220
2009	8100000	20600000	254
2010	8103400	19674000	243
2011	8096000	21800000	269
2012	7529394	20100000	267
2013	7772600	22050000	284
2014	7919208	19000000	240
2015	7866887	22600000	287
2016	7671945	20600000	269
2017	7668785	21500000	280
2018	7299270	20000000	274
2019	6846327	19000000	278
2020	6922236	20500000	296
2021	6744665	17650000	262
Ortalama	8008386	20055000	252,45

Türkiye'nin buğday üretimi ülke içi talebi karşılamaktadır. Türkiye'de buğday üretim miktarındaki azalışlar, kötü hava koşulları ile süne ve kımıl gibi zararlılardan kaynaklanmaktadır (Kızılaslan 2004:29). Türkiye'nin tüm bölgelerinde buğday tarımı yapılmasına rağmen genellikle kuru tarım şartlarında üretim gerçekleştirildiği için buğday verimi düşüktür. Buna bağlı olarak buğday üreticisinin geliri de diğer üreticilerden daha az olmaktadır (Tiryakioğlu ve ark. 2017:57).

Türkiye'deki buğday üretim, tüketim ve ithalat, ihracat açısından ele alındığında, toplam tüketiminin 2020 yılında 18,93 milyon ton olarak gerçekleştiği bilinmektedir. 2002 yılında kişi

başına tüketim 227,30 kg yıl^{-1} iken 2020 yılında ise yaklaşık 176,80 kg yıl^{-1} olmuştur. Yirmi yıllık veri aralığı için, ortalama kişi başına buğday tüketimin 181,37 kg yıl^{-1} olarak gerçekleştiği hesaplanmıştır. Buğdayın tüketim ortalamasının en yüksek olduğu yıl 228,70 kg ile 2011 yılı olarak tespit edilirken, en düşük olduğu yıl ise 174,60 kg ile 2017 yılı olarak tespit edilmiştir. 2005 ve 2006 yıllarında kişi başına tüketim miktarlarına ulaşılamamıştır. Elde edilen verilerden, Türkiye'deki buğday tüketim ortalamasının birbirine oldukça yakın olduğu anlaşılmıştır. Üretim ve tüketim miktarları arasındaki ilişkiden yararlanılarak, buğdayın yeterlilik oranı 2002 yılında %96.40 olarak hesap edilirken, bu oranın 2020 yılında artarak %102.30 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Buğday tüketiminin, ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile ters orantılı olduğu bilinmektedir. Buna göre; Ülkelerin gelişmişlik düzeyi arttıkça, tüketilen buğday miktarı azalmaktadır. Türkiye'de de ekmeğe dayalı beslenme şekli olduğundan, beslenmenin yarıdan fazlası hububat ürünlerinden karşılanmaktadır (Erdal 2018:38).

Çizelge 2. Türkiye'de buğday üretim ve tüketimi (2002-2020)

Yıllar	Üretim	Tüketim	Kişi Başı Tüketim	Yeterlilik Derecesi
	(Ton)	(Ton)	(kg yıl^{-1})	%
2002	19500000	19857496	227,3	96,4
2003	19000000	18956801	211,9	98,4
2004	21000000	19402319	214,1	106,3
2005	21500000	16846100	0,000	120,6
2006	20010000	18942900	0,000	99,8
2007	17234000	16881655	206,6	96,5
2008	17782000	17780964	216,1	94,5
2009	20600000	16961236	199,8	114,8
2010	19674000	18187098	213,9	102,2
2011	21800000	19609603	228,7	105,1
2012	20100000	19375457	225,3	98,0
2013	22050000	20461694	213,0	101,8
2014	19000000	20121780	200,8	89,2
2015	22600000	18795419	182,9	113,6
2016	20600000	18756436	182,0	103,8
2017	21500000	18186979	174,6	111,7
2018	20000000	18804861	179,4	100,5
2019	19000000	20069822	192,8	89,5
2020	20500000	18934082	176,8	102,3
Ort.	20181579	18785932	181,37	102,37

Kaynak: Orijinal hesaplamalar.

Türkiye İstatistik Kurumunun (2022) verilerine göre 2002-2020 yılları arasında ithalat ve ihracatta da artış meydana gelmiştir. 2002 yılından 2020 yılına kadar ithalattaki artış yaklaşık 8.5 milyon ton olmasına rağmen, ihracatta yaklaşık 86 bin ton artış olmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Türkiye'nin buğday ithalat ve ihracat miktarları (2002-2020)

Yıllar	İthalat (Ton)	İhracat (Ton)
2002	1097766	38680
2003	1838739	938
2004	1065389	864
2005	135596	327931
2006	239874	685673
2007	2147107	18281
2008	3708003	8005
2009	3392072	301505
2010	2554189	1174014
2011	4757682	5233
2012	3719154	116079
2013	4053001	275132
2014	5285243	68572
2015	4349820	68798
2016	4225784	26506
2017	4990865	42014
2018	5781712	69998
2019	10004830	135157
2020	9659186	124643
Ort.	3842422	183580

Kaynak: FAO 2022.

Çizelge 3'te özetlenen verilerden, 2002-2020 yılları arası ihracat ortalamasının yaklaşık 184 bin ton olduğu ve ithalat ortalamasının ise 3.84 milyon ton olduğu görülmektedir. Türkiye'de 2002-2020 yılları arasında buğday dış ticareti incelendiğinde ihracatın ithalatın gerisinde kaldığı görülmektedir (FAO 2022). Türkiye'de doğrudan buğday ihracatının yerini katma değeri yüksek olan buğday ürünlerinin alması, buğday destek alım fiyatlarının dünya fiyatlarının üzerinde olması ithalat miktarının artmasına sebep olmaktadır (Demirbaş ve Atış 2005:187).

2002-2021 yılları cari fiyatlarına göre buğdayın pazarlama marjı TÜİK (2022) verilerine göre hesaplanmıştır ve Çizelge 4'te özetlenmiştir. Çizelge 4'te, buğday fiyatlarının artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Buğdayın cari fiyatlara göre 2002 yılı üretici fiyatı 0.25 ₺ kg^{-1} iken 2021 yılında %720 oranında artarak 2.05 ₺ kg^{-1}'a ulaşmıştır. Tüketici (perakende) fiyatı ise yine 2003 yılı cari fiyatlara göre 1.01 ₺ kg^{-1} iken 2021 yılında %474 artarak 5.80 ₺ kg^{-1}'a ulaşmıştır. Cari fiyatlar açısından buğdayın üretici fiyatlarındaki en fazla artışı 2021 yılında gerçekleşmiş olup bir önceki 2020 yılına göre 1.50 ₺ kg^{-1} olan buğdayın üretici fiyatı %36.67 oranında bir artış ile 2.05 ₺ kg^{-1}'ye çıkmıştır. Tüketici (perakende) fiyatındaki en yüksek artış ise 2021 yılında %30.34 oranında bir artış göstermiş ve fiyatlar 4.45 ₺ kg^{-1}'dan 5.80 ₺ kg^{-1}'ye çıkmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Cari fiyatlara göre buğdayın pazarlama marjları (2002-2021)

Yıllar	Üretici Fiyatları (₺ kg^{-1})	Tüketici Fiyatları (₺ kg^{-1})	Pazarlama Marjı	Üretici Eline Geçen (%)	Aracı Eline Geçen (%)
2002	0,25				
2003	0,33	1,01	0,68	32,67	67,33
2004	0,36	1,07	0,71	33,64	66,36
2005	0,36	1,09	0,73	33,03	66,97
2006	0,36	1,13	0,77	31,86	68,14
2007	0,42	1,26	0,84	33,33	66,67
2008	0,57	1,56	0,99	36,54	63,46
2009	0,51	1,60	1,09	31,88	68,13
2010	0,53	1,63	1,10	32,52	67,48
2011	0,59	1,87	1,28	31,55	68,45
2012	0,61	1,95	1,34	31,28	68,72
2013	0,67	2,20	1,53	30,45	69,55
2014	0,74	2,57	1,83	28,79	71,21
2015	0,78	2,74	1,96	28,47	71,53
2016	0,81	2,94	2,13	27,55	72,45
2017	0,89	3,09	2,20	28,80	71,20
2018	0,96	3,37	2,41	28,49	71,51
2019	1,22	3,65	2,43	33,42	66,58
2020	1,50	4,45	2,95	33,71	66,29
2021	2,05	5,80	3,75	35,34	64,66
Ort	**0,75**	**2,37**	**1,62**	**31,67**	**68,22**

Kaynak: Orijinal hesaplamalar.

Bilindiği üzere, birim kg buğday için tüketicinin ödediği fiyattan üretici eline geçen fiyat arasındaki fark pazarlama marjıdır. Burada, pazarlama marjı ile aracıların eline geçen değer kastedilmektedir. Cari fiyatlar açısından, yıllar itibariyle, aracıların eline geçen maksimum ve minimum oranlar %72-%63 arasında değişkenlik gösterirken, çiftçi eline geçen maksimum ve minimum oranlar ise %37-%27 arasında değişmektedir (Çizelge 4).

Çizelge 4'te hesap edilen verilere göre, 2003-2021 yılları reel fiyatlarına göre buğdayın pazarlama marjı ayrıca analiz edilmiş olup, Çizelge 5'te özetlenmiştir. Buğdayın reel fiyatlara göre 2003 yılı üretici fiyatı 2.27 ₺ kg^{-1} iken 2021 yılında 2.05 ₺ kg^{-1} olmuştur. 2003 yılı reel fiyatlara göre, tüketici fiyatı ise yine 5.64 ₺ kg^{-1} iken 2021 yılında 5.80 ₺ kg^{-1}'a ulaşmıştır. 2003 ve 2021 yılı reel fiyatları dikkate alındığında, tüketici için buğdayın reel fiyatı %2.84 oranında artmıştır. Üreticinin birim kg buğday üretiminden elde ettiği kazanç 2002-2021 yılları arası, yirmi yılda %9.69 oranında düşmüştür. Tüketicinin birim kg buğday tüketimi için ödediği fiyat ise %2.84 oranında artmıştır. Buradan, reel fiyatlar açısından, 2003-2021 yılları arası sürecin, üreticinin ve tüketicinin aleyhine olarak gerçekleştiği sonucuna varılmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Reel fiyatlara göre buğdayın pazarlama marjları (2003-2021).

Yıllar	Üretici Fiyatları (₺ kg^{-1})	Tüketici Fiyatları (₺ kg^{-1})	Pazarlama Marjı	Üretici Eline Geçen (%)	Aracı Eline Geçen (%)
2002	2,27				
2003	2,37	5,64	3,27	42,02	57,98
2004	2,34	5,50	3,16	42,55	57,45
2005	2,16	5,18	3,02	41,70	58,30
2006	1,97	4,90	2,93	40,20	59,80
2007	2,16	5,03	2,87	42,94	57,06
2008	2,61	5,64	3,03	46,28	53,72
2009	2,30	5,44	3,14	42,28	57,72
2010	2,20	5,10	2,90	43,14	56,86
2011	2,21	5,50	3,29	40,18	59,82
2012	2,15	5,27	3,12	40,80	59,20
2013	2,26	5,53	3,27	40,87	59,13
2014	2,27	5,93	3,66	38,28	61,72
2015	2,27	5,87	3,60	38,67	61,33
2016	2,26	5,85	3,59	38,63	61,37
2017	2,14	5,53	3,39	38,70	61,30
2018	1,82	5,18	3,36	35,14	64,86
2019	1,97	4,88	2,91	40,37	59,63
2020	2,18	5,19	3,01	42,00	58,00
2021	2,05	5,80	3,75	35,34	64,66
Ort.	**2,20**	**5,42**	**3,22**	**40,53**	**59,47**

Kaynak: Orijinal hesaplamalar.

Konyalı ve Gaytancıoğlu (2007:252) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Türkiye buğday fiyatının dünya fiyatlarından yüksek olduğunu ifade etmiştir. Buğday fiyatlarının yüksek olmasın nedenleri, girdi fiyatlarının yüksek olması, üretimin planlı olarak yapılmaması, üreticilerin etkin pazarlama organizasyonlarına sahip olmaması gibi gerekçelerden dolayı, üreticilerin önemli bir fiyat belirsizliği ile karşı karşıya kaldığı ve fiyat belirsizliği sonucunda üretim miktarında dalgalanmaların yaşandığı belirtmişlerdir.

Çizelge 6'da Türkiye'de buğdayın cari fiyatlarına göre üretici ve tüketici zincirleme indeksleri hesap edilmiştir ve hesap edilen fiyatların yıllara göre farkları alınarak, enflasyon oranları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalardan, 2003, 2007, 2008, 2010 ve 2019 yıllarında buğdayın cari fiyatına göre üretici eline geçen fiyatının, enflasyon oranının üstünde kaldığı anlaşılmıştır. Tüketici indeks (2021-100) farkı dikkate alındığında ise buğdayın cari fiyatına göre tüketicinin 2008, 2011 ve 2013 yıllarında satın alma gücü artarken, diğer yıllarda ise azalma eğilimi göstermiştir.

Çizelge 6. Türkiye'de buğdayın cari fiyatlarına göre üretici-tüketici zincirleme indeksleri ve yıllık enflasyon oranları

Yıllar	Üretici Zincirleme İndeksi	Üretici İndeks Farkı	ÜFE	Tüketici Zincirleme İndeksi	Tüketici İndeks Farkı	TÜFE
2002	100,00	-			-	
2003	132,00	32,00	13,90	100,00		18,36
2004	109,09	-22,91	13,84	105,94	5,94	9,32
2005	100,00	-9,09	2,66	101,87	-4,07	7,72
2006	100,00	0,00	11,58	103,67	1,80	9,65
2007	116,67	16,67	5,94	111,50	7,83	8,39
2008	135,71	19,04	8,11	123,81	12,31	10,06
2009	89,47	-46,24	5,93	102,56	-21,25	6,53
2010	103,92	14,45	8,87	101,88	-0,69	6,40
2011	111,32	7,40	13,33	114,72	12,85	10,45
2012	103,39	-7,93	2,45	104,28	-10,45	6,16
2013	109,84	6,45	6,97	112,82	8,54	7,40
2014	110,45	0,61	6,36	116,82	4,00	8,17
2015	105,41	-5,04	5,71	106,61	-10,20	8,81
2016	103,85	-1,56	9,94	107,30	0,68	8,53
2017	109,88	6,03	15,47	105,10	-2,20	11,92
2018	107,87	-2,01	33,64	109,06	3,96	20,30
2019	127,08	19,21	7,36	108,31	-0,75	11,84
2020	122,95	-4,13	25,15	121,92	13,61	14,60
2021	136,67	13,72	79,89	130,34	8,42	36,08

Kaynak: Orijinal hesaplamalar.

Buğdayın ekim alanını etkileyen ekonomik faktörler değerlendirilmiş olup doğrusal regresyon fonksiyonu aşağıda Eşitlik-4'deki gibi belirlenmiştir.

$$Y = 2623633{,}64 + 0{,}710X1 - 818182{,}38X2 + 898{,}979X3 - 101770{,}77X4 \quad (4)$$

Elde edilen fonksiyonda R^2 değeri yüksek (0.876) olup, dört bağımsız değişkendeki değişmelerin ekim alanını %87.6 oranında açıkladığı tespit edilmiştir. Eşitlik 4'te tesis edilen modele, Durbin-Watson testi uygulanmıştır. Yürütülen analizin çıktılarında, otokorelasyon problemi tespit edilmiştir ve çıktılar için otokorelasyon düzenlemesi ayrıca yapılmıştır. Tahmin edilen model F testi, istatistiki olarak, %1 (P=0.001) önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Yapılan analizlerde bağımsız değişkenlerden bir önceki yılın ekim alanı %1 önem seviyesinde istatistiki olarak önemli, diğer bağımsız değişkenlerin %50 seviyede dahi önemli olmadığı tespit edilmiştir. Dummy değişken katsayısının %50 düzeyinde bile önemli olmaması, buğdayın ortalama olarak sabit bir ekim alanına sahip olduğunu göstermektedir. Buğday geçimlik bir ürün olduğundan, fiyatlardaki düşüş karşısında, üreticilerin ekim alanlarını artırmaları söz konusu olmaktadır.

Y fonksiyonunda bağımsız değişkenlerin esneklikleri hesaplanmış, bir önceki yılın ekim alanı %10 arttığında buğday ekim alanında %7.06 artışa, bir önceki yılın fiyatında %10'luk artış ekim alanında %3.49 azalışa, birim ekim alanı başına beklenen %10'luk artış ekim alanında %1.47 oranında artışa sebep olduğu belirlenmiştir. Dummy değişkeni 2012 yılından sonra ekim alanında azalmanın olduğunu göstermektedir.

Kızılaslan ve Gürler (1993:167) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, buğdayın ekim alanı değişimlerinin bir önceki yılın ekim alanı %10 arttığında buğday ekim alanının %5.406 arttığını, bir önceki yılın fiyatı %10 arttığında %0.302'lik azalışa, brüt gelirdeki %10'luk artışın ekim alanını %0.657 artıracağını belirlemişlerdir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırma kapsamında, 2002-2021 yılları arası seçilen zaman serisine bağlı olarak incelenen buğdayın, Türkiye'deki üretici (çiftçinin eline geçen)–tüketici (perakende) fiyatları ile pazarlama marjı kapsamında aşağıda sunulan sonuçlara ulaşılmıştır.

Cari ve/veya reel fiyatları hesaplamalarından, pazarlama marjı hesabı açısından aracılar eline geçen oranın hemen hemen aynı seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. Buğday ihracatının ithalatın gerisinde kaldığı anlaşılmıştır. Buğday ekim alanlarında önemli azalmalar olmasına karşın, buğday üretim miktarı ile verimde artışlar meydana gelmiştir. Bu durum; iç tüketimin üretim ile karşılanabildiğini göstermiştir ve az miktarda da olsa ihracata ayrılabildiği sonucunu desteklemiştir. Dolayısıyla, iç tüketimi karşılaması bakımından, buğday üretiminin, oldukça avantajlı bir ürün olduğu savunulmaktadır. Bu avantajın sürdürülebilir olması çok önemlidir. Buna karşılık, zincirleme indeks (2021-100) hesabına göre, buğday üretici fiyatlarının birçok yıllarda, enflasyon oranının altında kalmıştır. Bu durum, buğday üreticilerinin (çiftçinin) yeterli düzeyde desteklenmesini gerektirmektedir. Buğday üreticilerinin (çiftçinin) desteklenmesi ile üretimin ve çiftçi eline geçen oranın artabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada arz duyarlılığının belirlenmesinde kullanılan fonksiyon, istatistiki açıdan anlamlı bulunmuştur. Buna göre; buğday ekim alanında meydana gelen değişimlerin, bir önceki yılın ekim alanına bağlı olduğu belirlenmiştir. Buğdayın kuru tarım şartlarında ekilen bir bitki olması, tüketim bakımından zorunlu gıda maddesi olması, ekim nöbetine uygun bir bitki olması, ürünün saklanma koşullarının zor olmaması gibi nedenler, ekim alanının bir önceki yıla bağlı olması konusunu açıklayabilir. Bu durum; dış alımın ve/veya üretimin fazla olduğu yıllarda ve bir sonraki yıla devreden ürün miktarının fazla olması durumunda dahi, bir önceki yılın ekim alanına bağlı olmasını belirtebilir.

Türkiye'de buğday zorunlu gıda maddesi olduğu için üreticilere üretim konusunda eğitimler verilmeli, son dönemlerde girdi maliyetlerindeki artışa karşı üreticiyi desteklemek için buğday destekleme konusunda tarım politikaları geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Kaynaklar

Aşkan E, Dağdemir V (2015) Türkiye sarımsak piyasasının ekonomik analizi. Alınteri Zirai Bilimler Dergisi 28(B): 19-26.

Dağdemir V (1998) Türkiye soğan piyasasının ekonomik analizi. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi 12: 99-114.

Dağdemir V, Birinci A (1999) Türkiye'de patates pazarlaması ve fiyat dalgalanmalarının üretim üzerine etkisi. II. Ulusal Patates Kongresi, Erzurum.

Demirbaş, N., & Elâ, A. T. I. Ş. (2005). Türkiye Tarımında Gıda Güvencesi Sorununun Buğday Örneğinde İrdelenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42(1), 179-190.

Erdal, B. (2018). Türkiye'de buğday fiyatlarındaki uzun dönemli piyasa kararlılık analizi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 173s.

FAO (2022) Statistical database. http://www.faostat.org. Erişim 05 Temmuz 2022.

Kızılaslan, N., & Gürler, A. Z. (1993). Türkiye'de Buğdayın Arz Duyarlılığı. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 10, 161-171

Kızılaslan, H. (2004). Dünya'da ve Türkiye'de buğday üretimi ve uygulanan politikaların karşılaştırılması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2004(2).

Konyalı S. Gaytancıoğlu O. (2007). Türkiye'de buğdayda uygulanan tarım politikaları ve trakya bölgesi buğday üreticilerinin sorunları. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(3), 249-259.

Kumbasaroğlu, H., Aşkan, E., & Dağdemir, V. (2021). Türkiye'de domatesin ekonomik analizi. Mediterranean Agricultural Sciences, 34(1), 47-54.

Kurt Çiğdem (2012) "Buğday İşleme Fabrikasındaki İşlem Akışı ve Enerji Sarfiyatı", Namık Kemal Üniversitesi Fen Bil. Ens., Biyosistem Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, 52s

Tiryakioğlu, M., Demirtaş, B., & Tutar, H. (2017). Türkiye'deki buğday veriminin karşılaştırılması: Hatay ve Şanlıurfa illeri örneği. Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(1), 56-67.

TMO (2021). 2020 Yılı Hububat Sektör Raporu.

TÜİK (2022) http://www.tuik.gov.tr. Erişim 25 Haziran 2022.

Topcu Y (2003) Gıda ürünlerinde pazarlama marjı ve cebirsel analiz. Atatürk Üniversitesi. Zir. Fak. Dergisi., 34(2): 199-207.

Presentation ID / Sunum No: 75

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-0287-9173, 0000-0003-4931-8100

Çerezlik Kabak Bitkisinde Yüzey Altı Damla Sulama Sistemleriyle Farklı Sulama Rejimlerinin Bitki Su Kullanımına, Gelişimine ve Verime Etkisi

Araştırmacı Meray Bahçıvan[1], Prof.Dr. Ali Ünlükara[2]
[1]Erciyes Üniveristesi
[2]Erciyes Üniversitesi

*Corresponding author: Ali Ünlükara

Özet: *Bu araştırmada, İç Anadolu Bölgesinde yetiştirilen çerezlik kabak bitkisinde (Cucurbita pepo L.), yüzey altı damla sulama ve damla sulama sistemleri ile uygulanan farklı sulama rejimlerinin çerezlik kabak bitkisine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kayseri'de 2022 yetiştirme döneminde Tesadüf Bloklarında Tesadüf Parseller deneme desenine göre kurulan denemede, yüzey altı damla sulama sistemi ve damla sulama sistemi altında 3 sulama rejimi konusu (%100, %75 ve %50) 3 tekrarlamalı olarak incelenmiştir. Sulama uygulamalarına göre %100, %75 ve %50 konularından sırasıyla 91.4, 65.3 ve 54.1 kg/da tohum verimi elde edilmiştir. Damla sulama sisteminden ortalama 56.8 kg/da tohum verimi alınmasına karşılık yüzey altı damla sulama sisteminden 83.7 kg/da alınmıştır. Yüzey altı damla sulama sistemi bin tane ağılığını da olumlu yönde etkilemiştir ve sulama suyu kullanım etkinliğini artırmıştır. Meyve boyutları ile meyve ağırlığı arasında, meyve boyutları ile tohum ağırlığı arasında, meyve ağırlığı ile meyve tohum verimi arasında ve meyve ağırlığı ile bin tane ağırlığı arasında kuvvetli pozitif ilişkiler saptanmıştır. Meyve boyutları ve meyve ağırlığının artmasıyla meyve tohum verimi ve bin tane ağırlığı da artmıştır. Çerezlik kabak üretiminde yüzey altı damla sulama sistemi kullanımı, su üretkenliğini ve verimi olumlu yönde etkilemiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Yüzey Altı Damla Sulama Sistemi, Sulama Rejimi, Çerezlik Kabak Bitkisi (Cucurbita Pepo L.)*

Effect of Application of Different Irrigation Regimes With Drip and Subsurface Drip Irrigation Systems On Pumpkin Water Use, Growth and Yield

Abstract*: This study aimed to determine the effect of different irrigation water amounts applied with drip and subsurface drip irrigation systems on pumpkins grown in the Middle Anatolian Region. Three irrigation regimes (100%, 75%, and 50%) were investigated in this experiment, which was carried out in 2022 under Kayseri conditions and designed according to randomized blocks with three replications. The irrigation treatments of 100%, 75%, and 50% produced 914, 653, and 541 kg/ha pumpkin seed yields. The subsurface drip irrigation system produced 837 kg/ha seed yield while the drip irrigation system produced 568 kg/ha. The subsurface drip irrigation system also improved 1000-seed weight and irrigation water productivity. Strong positive relationships between fruit sizes and fruit weight, between fruit sizes and fruit seed yield, between fruit weight and fruit seed yield, and between fruit weight and 1000-seed weight were found. Fruit seed yield and 1000-seed weight increased by increasing fruit sizes and their weight. Using a subsurface drip irrigation system for growing pumpkins affected positively irrigation water productivity and pumpkin yield.*

Keywords: *Subsurface Drip İrrigation System, İrrigation Regime, Pumpkin (Cucurbita Pepo L.)*

1.GİRİŞ

Cucurbitaceae familyası içinde olan kabak bitkisi, meyvesi yenen sebzeler grubunda yer almaktadır (Sunulu ve Yağcıoğlu, 2014). Kabak ve kabak tohumları insan beslenmesinde gerekli olan yağ, protein, karbonhidrat, vitaminler ve mineraller bakımından önemli bir yere sahiptir (Paksoy ve Aydın, 2004). Kabak tohumları, yağ, E vitamini ve β-sitosterol içeriğine sahip olması sebebiyle, prostat ve idrar yolu hastalıklarının tedavisinde ilaç hammaddesi olarak antik çağlardan bu yana tıpta kullanılagelmiştir (Ghanbari et.al., 2007). Gıda sektöründen kozmetik ve ilaç sektörüne kadar birçok alanda hammadde olarak değerlendirilen bu tohum, sanayi ürünü olmasının yanı sıra çoğunlukla kuruyemiş olarak tüketilmektedir (Yanmaz, 2014). Kabak bitkisi, tarlalar ve seralarda yetiştirilebilir olması nedeniyle dünyada en önemli sebzelerden biri olarak kabul edilir (Kuşlu vd,2014). *Cucurbita pepo'*nun anavatanı Meksika'nın yüksek rakımlı yerleri ve Orta Amerika'nın kuzeyi olduğu bilinmektedir. Çerezlik kabak tohumları ülkemize, Yunanistan'dan Trakya Bölgesine girdiği ve buradaki üreticiler tarafından benimsenerek yetiştiriciliğinin yaygınlaştığı belirtilmiştir (Düzeltir, 2004). Ülkemizde çerezlik kabak tohumu yetiştiriciliğinde çoğunlukla sakız kabağı *(Cucurbita pepo L.)* ve bal kabağı *(Cucurbita moschata)* tohumları kullanılmaktadır. Kabak bitkisi, iyi drenajlı ve organik madde bakımından zengin topraklarda yetişir (Hess vd., 1997). Tarla içi su yönetimi uygulamaları, kurak ve yarı kurak bölgelerde sulu tarımda bitki verimini en çok etkileyen faktördür (Al-Omran vd., 2005). Kabak bitkisinin ihtiyaç duyduğu su miktarının karşılanmaması ya da bu miktarın aşılması halinde önemli verim kayıpları oluşabileceği belirtilmiştir (Amer, 2011). Ülkemizde çerezlik kabak üretim alanı, miktarı ve tüketiminin önemli seviyelere ulaşmasına rağmen yapılan çalışmalar son derece azdır. Çerezlik kabakta verim ve kalitede ortaya konulabilecek küçük iyileştirmeler, üretici ve sanayicilerin karlılığını artırabilecek durumdadır (Fidan, 2010). Yüksek derecede verimli ve kaliteli üretim yapabilmek için bitki su ihtiyacı doğru şekilde belirlenmeli ve zamanında sulamalar yapılmalıdır (Ünlükara, 2014).

Günümüzde tarım ve su kaynakları iklim değişikliğinden en fazla etkilenen kesimlerin başında gelmektedir. Su kaynaklarına doğrudan ve dolaylı etkide bulunan küresel ısınma, su ve su kaynaklarının önemini daha da arttırmaktadır (Karaman ve Gökalp, 2010). Tarımda kullanılan suyun azalması sonucunda su tasarrufu sağlamak amacıyla, damla sulama sistemlerinin kullanımı günümüzde önemlidir (Çamoğlu, 2004). Bu nedenle, sulama randımanı ve su tasarrufunda üstünlüklere sahip, en gelişmiş tarımsal sulama yöntemlerinden birisi olan yüzey altı damla sulama sistemi bu projede tercih edilmiştir. Sulama suyunun buharlaşmasını önleyerek topraktaki nemin korunmasını sağlayan ve sulama suyunu daha etkili bir şekilde kullanan yüzey altı damla sulama sisteminde, çerezlik kabak bitkisi (*Cucurbita pepo L.*) üzerinde farklı sulama rejimleri uygulayarak, bitki su kullanım etkinliği ve verime etkisi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2021-2022 yetiştirme döneminde Erciyes Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi (ERÜTAM) kampüs arazisinde yürütülmüştür. İlk yıl yeteri kadar bitki çıkışı elde edilmediği için 2.yıl sonuçları sunulmuştur. Denemede ticari bir firmaya ait çerezlik kabak çeşidi (*Cucurbita pepo* L.) kullanılmıştır. Meyve boyu meyve çapından daha uzun olan bu çeşidin çekirdekleri ise meyveleri gibi tohum boyu, çapından daha uzun ve çitlemeye elveriş bir yapıya sahiptir.

Çalışmada yüzey altı damla sulama sistemi ve damla sulama sistemleri altında farklı sulama rejimleri uygulanarak, çerezlik kabak bitkisinin (*Cucurbita pepo L.*) su kullanımına ve verime etkisi incelenmiştir. Kullanılan her iki sulama sistemi altında çerezlik kabak, tam sulama (%100), hafif su stresi (%75), orta su stresi (%50) etkisinde bırakılmıştır. Tesadüf Bloklarında Tesadüf Parseller Deneme Desenine göre kurulan çalışmada, her konu iki ayrı sulama sistemi için 3 kez tekrarlanmıştır. Her biri 5 m eninde 6 m boyunda 30 m^2'lik alana sahip olmak üzere 9 parsel damla sulama sistemi ve 9 parsel de yüzey altı damla sulama sistemi olarak toplam 18 parselde çalışma yürütülmüştür. Parseller arası 1.2 m boşluk bırakılmıştır. Her bir parselde 5 bitki sırası ve her bir sırada 0.5 m arayla 12 bitki yer almıştır. Sulama sistemleri döşenmeden önce traktörle arazi sürülmüş ve rotatiller ile kesekler parçalanarak toprak yüzeyi düzeltilmiştir. Parsellerin çakılmasının ardından mini ekskavatör ile yüzey altı damla sulama laterallerinin yerleri açılmıştır. Her bitki sırasına 16 mm çapında bir lateral boru, bu boruların bağlı olduğu 32 mm çapında bir manifold boru ve her parsel başında 40 mm çapında bir manifold olacak şekilde damla sulama

sistemleri döşenmiştir. Yüzey altı damla sulama sistemlerinde lateraller, 25 cm derinliğe yerleştirilmiş ve parsel sonunda 40 mm çapında bir yıkama borusuna bağlanmıştır. Yıkama borusu uç kısmına ise hem yıkama hem de vantuz gibi sisteme hava girişi sağlamak için bir küresel vana eklenmiştir. Sisteme su verildikten ve sulama tamamlandıktan sonra giriş vanası kapatılmadan önce bu vana kısmen açılarak sisteme hava girişi sağlanmıştır. Manifold girişlerinde bir küresel vana ve bir manometre ile giriş basıncı sabitlenmiştir. Her iki sulama sisteminde basınç ayarlı 0.30 m damlatıcı aralığına ve 1.7 l/h damlatıcı debisine sahip lateraller kullanılmıştır. Manifold borular alt ana borulara bağlanarak kontrol ünitesinden geçmiş, basıncı ayarlanmış ve filtrelenmiş su ile beslenmiştir. Tohum ekimi 17 Mayıs 2022 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Parsellerde her bir ekim noktasına 3-4 cm derinliğe 3 adet tohum ekilmiş ve çimlenmeden sonra tek bir fide bırakılmıştır. Ekim öncesinde motorlu çapa ile toprak çapalanarak yumuşatılmış ancak yüzey altı damla sulama parsellerinde lateral ve manifold borulara zarar verilmemesi için el çapası kullanılmıştır. Hemen ekim öncesi dekara 12'şer kg azot ve fosfor uygulanmasında Toros 20×20×0×30 SO_3+Zn gübresi atılmış ve çapa ile karıştırılmıştır. Fide çıkışları ve seyreltmeden sonra 1 kg/dekar saf azot gelecek şekilde amonyum sülfat gübresi suda eritilerek uygulanmıştır. Yüzey ve yüzey altı damla sulama sistemlerinde tesadüfen seçilmiş iki parsele su sayacı yerleştirilmiş ve sabit iki farklı basınçta yapılan testler ile damlatıcı debisi kontrol edilmiştir. Bitki su tüketimi FAO-56 Penman-Monteith yöntemine göre günlük olarak tahmin edilmiştir.

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

Eşitlikte, ET_c bitki su tüketimi (mm), K_c bitki katsayısı, ET_o referans bitki evapotranspirasyonudur (mm). Referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmasında gerekli meteorolojik veriler deneme alanında bulunan ve Kayseri 7.Meteoroloji Bölge Müdürlüğü tarafında işletilen 19188 nolu istasyondan indirilmiştir. Çerezlik kabak bitki gelişme dönemi için Allen vd. (1998) tarafından başlangıç dönemi, orta dönem ve hasat dönemi bitki katsayıları 0.5, 0.95 ve 0.75 önerilmiştir. Kırnak vd. (2016) tarafından Kayseri koşulları için Develi popülasyonu çerezlik kabak için başlangıç, orta ve hasat dönemi için Kc katsayıları 0.33, 1.09 ve 0.55 önerilirken Tagem-DSİ (2017) tarafından çerezlik balkabağı olarak Konya için bu katsayılar 0.44, 1.02 ve 0.82 verilmiştir. Bu çalışmada ise belirtilen literatür değerlerine göre çerezlik kabak için Kc katsayısı 0.5, 1.0 ve 0.65 alınmıştır.

Tam sulama parsellerine uygulanacak sulama suyu hacmi (V) şu şekilde hesaplanıştır:

$$V = ET_c \cdot A$$

Eşitlikte V sulama suyu hacmi (L), ET_c tahmin edilen bitki su tüketimi (mm) ve A parsel alanıdır (30 m^2). Islatma desenlerinin birbirini örtmesi nedeniyle tüm parsellerde damla sulama sistemi ıslatma oranı 1.0 kabul edilmiştir. Parsele döşenen toplam lateral uzunluğunun (30 m) lateral üzerindeki damlatıcı aralığına (0.3 m) oranlanması ile parseldeki damlatıcı sayısı bulunmuş ve damlatıcı sayısının damlatıcı debisiyle (1.7 L/saat) çarpılmasıyla parsele saatte giren su hacmi hesaplanmıştır. Parsele uygulanacak sulama suyu hacminin (V), parsel debisine oranlanmasıyla da sulama süresi saptanmıştır. Kısıtlı sulama konuları olan %75 ve %50 konularına uygulanacak sulama suyu hacmi sırasıyla 0.75 ve 0.50 oranlarıyla çarpılarak belirlenmiştir.

Çerezlik kabak bitkisinin sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE), bir dekardan elde edilen net çerezlik kabak tohumu ağırlığının (kg) uygulanan sulama suyuna (m^3) oranlanmasıyla bulunmuştur. Hasat 14 Eylül 2022 tarihinde yapılmaya başlanmıştır. Kenar tesirleri çıkarıldıktan sonra orta sıralarda yer alan 15 bitki hasat edilerek değerlendirilmiştir. Her bitkiden hasat edilen meyve sayısı saptanmış, tek tek meyve ağırlığı, meyve çapı ve meyve boyu ölçülmüştür. Meyveler kesildikten sonra el ile içerisindeki tohumlar çıkarılmış ve tartılmıştır. Tohumlar gölgede kurutulduktan sonra vantilatör ile boş çekirdekler ayrılmıştır. Toplam net çekirdek ağırlığı tartım yoluyla belirlenmiştir. Her konudan 1000 adet tohum sayılmış ve 1000 tane ağırlığı saptanmıştır. Çekirdekler 7 mm göz açıklıklı elekten elendikten sonra elek altında ve üstünde kalan miktarları tartılmıştır. Deneme sonuçları IBM SPSS 22 programıyla varyans analizine tabi tutulmuş ve aralarında önemli fark bulunan konular Duncan Çoklu Karşılaştırma testine göre sınıflandırılmıştır. Çerezlik kabak meyve boyutları ile meyve ağırlığı, meyve ağırlığı ile meyve başına tohum ağırlığı, meyve ağırlığı ile 1000

tane ağırlığı arasındaki ilişkilerin saptanması için excel programı kullanılarak regresyon analizleri yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çerezlik kabak bitkisi (*Cucurbita pepo L.*) yüzey altı damla sulama sistemi ve damla sulama sistemi kullanılarak farklı sulama rejimleri uygulanmış ve elde edilen bulgular aşağıda belirtilmiş ve tartışılmıştır.

3.1 Uygulanan Sulama Suyu

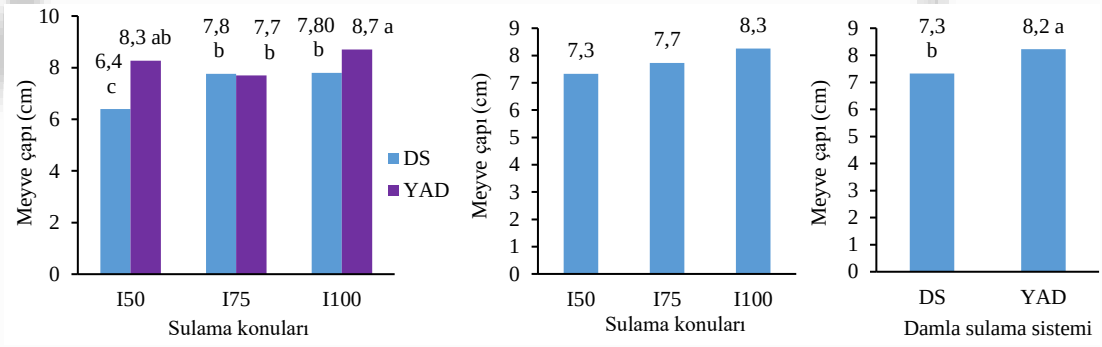
Sulama uygulamalarına 8 Temmuz 2022 tarihinde başlanmış ve 29 Ağustos 2022 tarihinde son sulama yapılarak bitirilmiştir. Toplamda 9 sulama gerçekleştirilmiştir. Konulara göre sulama uygulamaları, her iki sulama sisteminde %100, %75 ve %50 konuları için sırasıyla, 264.4, 214, 163.6 mm olarak uygulanmıştır. Sulama uygulamaları yapılırken deneme alanında bulunan meteoroloji istasyonundan veriler indirilmiş ve haftalık olarak bitki su tüketimi FAO-56 Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanarak uygulanmıştır.

3.2 Bitki Meyve Özellikleri ve Verimi

3.2.1 Meyve Çapı (cm)

Denemede ortalama olarak meyve çapı 6.4-8.7 cm arasında değişmiş, ortalama meyve çapı 7.8 cm olmuştur (Şekil 1). Meyve çapındaki bu değişim üzerine sulama oranlarının etkisi önemli çıkmamasına karşın farklı damla sulama sistemlerinin ve sulama oranı × sulama sistemi etkileşimi önemli düzeyde meyve çapını değiştirmiştir. Farklı sulama oranlarına göre meyve çapı I_{50}, I_{75} ve I_{100} konuları için sırasıyla 7.3, 7.7 ve 8.3 cm bulunmuştur. En büyük meyve çapı yüzey altı damla sulama sisteminde 8.2 cm ve damla sulama sisteminde 7.3 cm saptanmıştır. Yüzey altı damla sulama ile sulanan konularda I_{75} konusu en düşük meyve çapı 7.7 cm verirken I_{100} konusu en yüksek meyve çapını 8.7 cm vermiştir.

Şekil 1. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Meyve Çapına Etkisi



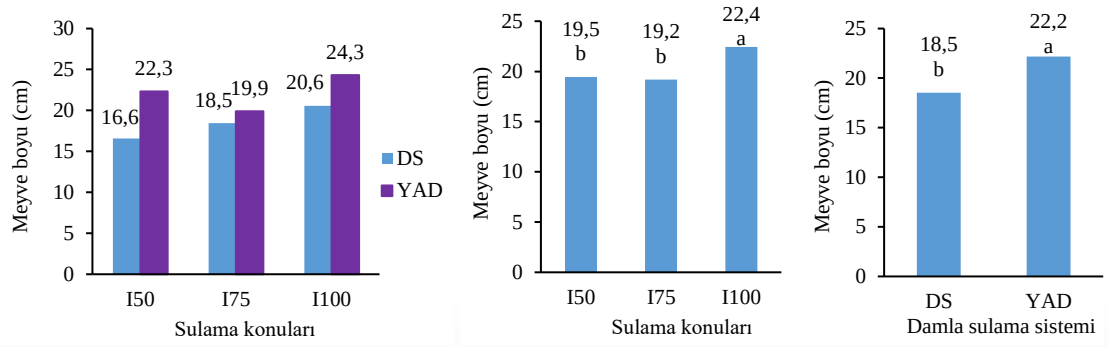
Damla sulama sisteminde ise en düşük meyve çapı I_{50} konusundan 6.4 cm ve en yüksek I_{75} ile I_{100} konularının her ikisinden 7.8 cm bulunmuştur. Sulama oranı × sulama sistemlerinin meyve çapı üzerine etkisi $p<0.05$ düzeyinde, farklı sulama sistemlerinin etkisi ise $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunurken, farklı sulama oranlarının meyve çapı üzerine etkisi önemli bulunmamıştır (Şekil 1). 2015 ve 2016 yıllarında Kayseri'de birinci ve ikinci ürün olan çerezlik kabak bitkisinin su kullanımı, verimi ve kalitesinin belirlendiği bir çalışmada, meyve çapı 16.5-24.1 cm arasında değişmiş, ortalama meyve çapı 19 cm olarak bulunmuş (Bakır, 2017).

3.2.2 Meyve Boyu (cm)

Denemede ortalama meyve boyu 16.6-24.3 cm arasında değişim göstermiş ve ortalama meyve boyu 20.4 cm olmuştur. Meyve boyu üzerine farklı sulama oranlarının ve damla sulama sistemlerinin etkisi $p<0.05$ ve $p<0.01$düzeyinde önemli bulunmuş, sulama oranı×damla sulama sistemi etkileşimi önemli derecede etkili olmamıştır. En yüksek meyve boyu I_{100} konusundan 22.4 cm elde edilirken I_{75} ve I_{50} konularından 19.2 ve 19.5 cm meyveler elde edilmiştir (Şekil 2). Yüzey altı damla sulama

sistemi ile sulanan konulardan en yüksek 22.2 cm ve damla sulama ile sulanan konulardan en düşük 18.5 cm meyveler hasat edilmiştir.

Şekil 2. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Meyve Boyuna Etkisi

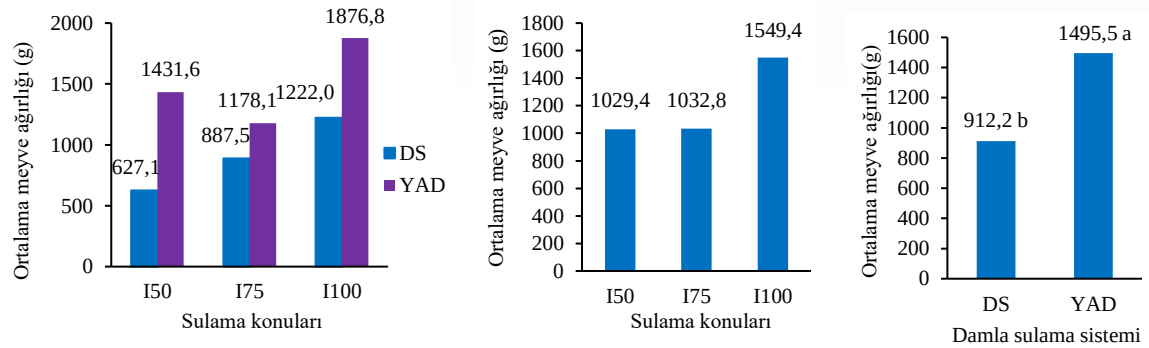


2018 yılında Kayseri'de farklı toprak nem tansiyonunda sulamanın çerezlik kabakta verim ve kaliteye etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, meyve boyları farklı tansiyometre ölçümlerine göre, 40 cbar da 24.3 cm, 55 cbar da 22.5 cm,70 cbar da 22 cm ve ortalama meyve boyu ise 23 cm olarak bulunmuştur (Ünlükara vd.,2019).

3.2.3 Ortalama Meyve Ağırlığı (g)

Çalışmada ortalama meyve ağırlığı 627.1-1876.8 g arasında değişmiş ve ortalama olarak 1204 g ağırlığında meyveler hasat edilmiştir. Meyve ağırlığındaki değişim üzerine farklı sulama oranlarının etkisi $p<0.05$ düzeyinde, farklı damla sulama sistemlerinin etkisi $p<0.01$ düzeyinde önemli derecede etkili olmasına karşın sulama oranları × damla sulama sistemi etkileşimi önemli derecede etkili olmamıştır. En yüksek meyve ağırlığı I_{100} konusundan 1549.4 g ve en düşük meyve ağırlığı I_{75} ile I_{50} konularından sırasıyla 1032.8 g ve 1029.4 g alınmıştır (Şekil 3). Farklı damla sulama sistemlerine göre en ağır meyveler yüzey altı damla sulama sisteminden 1495.5 g ve en düşük damla sulama sisteminden 912.2 g elde edilmiştir. 2017 yılında Kayseri'de çerezlik kabak bitkisinde görsel yaprak turgor kaybına bağlı sulama zamanlamasının incelendiği bir çalışmada, nötronmetre, tansiyometre ve görsel izlenim olmak üzere 3 farklı şekilde sulanan çerezlik kabak bitkisinin, meyve ağırlığını 2-3.28 kg arasında değiştiğini ve ortalama meyve ağırlığını ise 2.70 kg olarak saptamışlardır (Ünlükara vd.,2019).

Şekil 3. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Ortalama Meyve Ağırlığına Etkisi

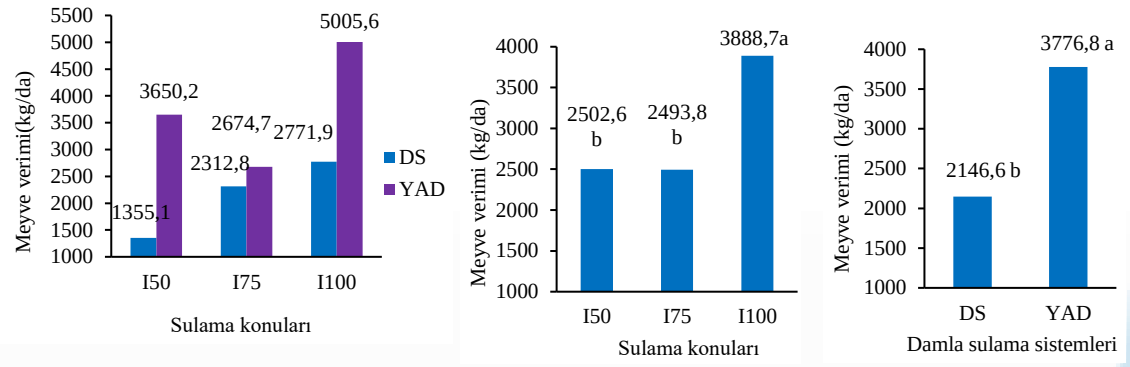


3.2.4 Meyve Verimi (kg/da)

Yapılan çalışmada ortalama meyve verimi 1355-5005.6 kg/da arasında değişmiş ve ortalama olarak 2961.7 kg/da verim elde edilmiştir. Meyve verimindeki bu değişime farklı sulama oranlarının etkisi $p<0.05$ düzeyinde, farklı sulama sistemlerinin etkisi ise $p<0.01$ düzeyinde olmuştur. Ancak buna rağmen sulama oranları × damla sulama sistemi etkileşimi önemli derecede etkili olmamıştır. En

düşük meyve verimi I_{50} ve I_{75} konularında sırasıyla 2502.6 kg/da ve 2493.8 kg/da, en yüksek verim ise I_{100} konusunda 3888.7 kg/da olarak elde edilmiştir. Kullanılmış olan farklı sulama sistemleri açısından ise meyve verimleri, yüzey altı damla sulama sisteminde 3776.8 kg/da ve damla sulama sisteminde ise 2146.6 kg/da olarak elde edilmiştir (Şekil 4).

Şekil 4. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Meyve Verimine Etkisi



Özer (2012) tarafından Tekirdağ'da çerezlik kabak üzerine yapılan bir denemede, bitki su tüketimi 2010 yılında 222.4–472.2 mm, 2011 yılında 300. –575.8 mm arasında değişmiş araştırma sonucunda, en yüksek kabak verimi ilk yıl 34.80 t/ha ile I_{125} konusundan, ikinci yıl ise 31.20 t/ha ile I_{100} deneme konusundan elde edilmiştir.

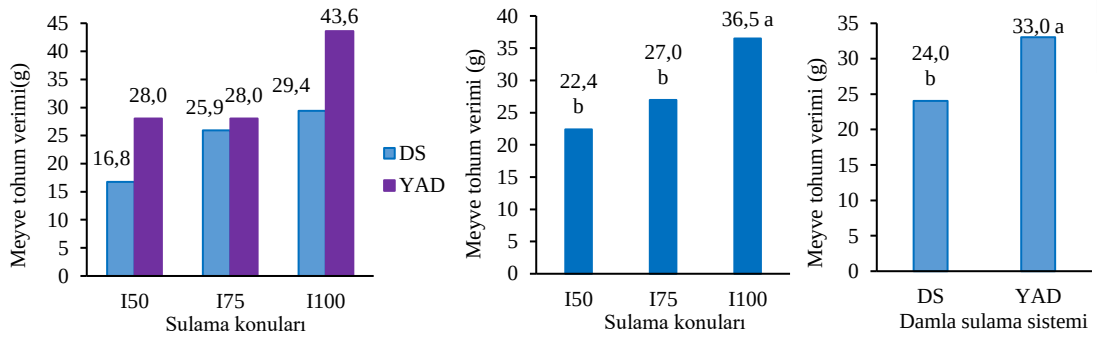
3.3 Tohum Verimi ve Tohum Özellikleri

Yüzey altı damla sulama ve damla sulama sistemleri kullanılarak uygulanan farklı sulama rejimlerinin sulama konularına göre tohum verimine etkisi incelenmiş ve aşağıda belirtilmiştir**.**

3.3.1. Meyve ve Bitki Tohum Verimi

Denemede, meyve tohum verimi 16.8 g- 43.6 g arasında değişiklik göstermiş ve ortalama olarak ise 28.6 g verim elde edilmiştir (Şekil 5). Farklı sulama oranlarının meyve tohum verimine etkisi $p<0.05$ düzeyinde, farklı sulama sistemlerinin verime etkisi ise $p<0.01$ düzeyinde etkili bulunmuştur. Sulama oranları × damla sulama sistemleri arasındaki etkileşim önemli derecede etkili olmamıştır. En düşük meyve tohum verimi I_{50} ve I_{75} konularında sırasıyla 22.4 ve 27 g, en yüksek meyve tohum verimi ise I_{100} konusunda 36.5 g olarak bulunmuştur.

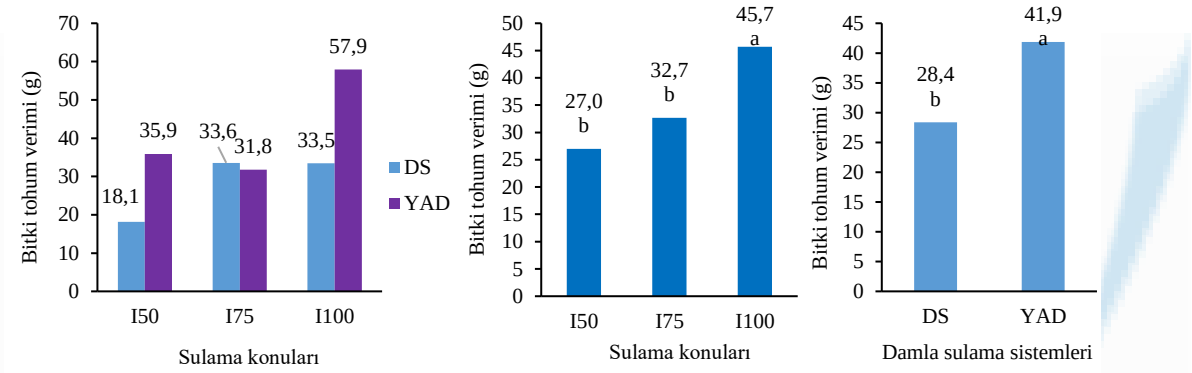
Şekil 5. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Meyve Tohum Verimine Etkisi



Yüzey altı damla sulama sistemlerinin uygulandığı deneme konularında meyve tohum verimi 33 g, damla sulama sistemlerinin uygulandığı deneme konularında ise 24 g meyve tohum verimi elde edilmiştir (Şekil 5). 2012 ve 2013 yıllarında, Erzurum şartlarında, farklı yerlerden elde edilen 9 farklı çerezlik kabak genotipinin adaptasyonun, verim ve kalitesinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada meyve başına ilk yıl 54.74 g, ikinci yıl ise 71.44 g ortalama tohum verimi alındığı belirtilmiştir (Turgut, 2015).

Bitki tohum verimi bu çalışmada 18.1-57.9 g arasında değişmiş olup, bu verimden ortalama 35.1 g tohum elde edilmiştir (Şekil 6). Bitki tohum verimindeki değişime farklı sulama oranlarının etkisi p<0,05 düzeyinde, farklı sulama sistemlerinin etkisi ise p<0,01 düzeyinde bulunmuştur. Sulama oranları × damla sulama sistemlerinin etkileşimi önemli derecede etkili bulunmamıştır. I_{50} ve I_{75} konularında sırasıyla 27 g ve 32.7 g ile en düşük verimler elde edilirken, I_{100} konusunda 45.7 g ile en yüksek verim elde edilmiştir. Kullanılan farklı sulama sistemleri açısından ise verimler; yüzey altı damla sulama sisteminde 41.9 g, damla sulama sisteminde 28.4 g olarak bulunmuştur (Şekil 6). Kayseri'de 2015-2016 yetiştirme döneminde yapılan bir çalışmada, bitki net tohum verimi 48.0-91.0 g arasında değişmiş, bir bitkiden ortalama 66.0 g tohum verimi elde edilmiştir (Ünlükara ve Bakır, 2018).

Şekil 6. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Bitki Tohum Verimine Etkisi

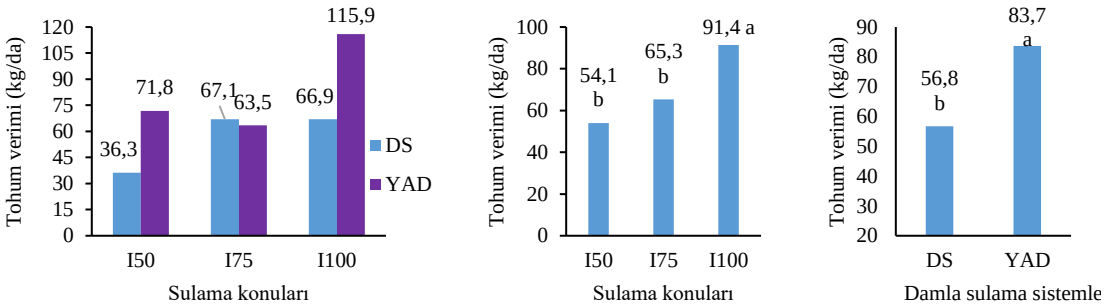


3.3.3 Tohum Verimi

Kurutulmuş tohumlardan içini iyi doldurmamış boş tohumlar ayıklandıktan sonra net tohum verimi elde edilmiştir. Bu durumda bir miktar fire çıkmıştır. Denemede tohumlar için fire oranı %1.5-2.4 arasında ve ortalama %2.1 olarak bulunmuştur. Yüzey altı damla sulama sisteminin kullanıldığı konularda fire %2 ve damla sulama sisteminin kullanıldığı konularda fire %2.2 saptanmıştır. Tohum nemi bu denemede %57.7-105.5 arasında değişiklik göstermiş olup, ortalama olarak ise %79.1 bulunmuştur. Farklı sulama oranlarının ve farklı sulama sistemlerinin tohum nemine etkisi önemli bulunmamıştır.

Bu çalışmada tohum verimi 36.3-115.9 kg/da arasında değişiklik göstermiş ve ortalama tohum verimi 70.2 kg/da bulunmuştur (Şekil 7). Tohum verimindeki değişime farklı sulama oranlarının etkisi p<0,05 düzeyinde, farklı sulama sistemlerinin etkisi ise p<0.01 düzeyindedir. Damla sulama sistemleri × sulama oranları etkileşimi tohum verimine önemli derecede etkili olmamıştır. En düşük tohum verimi 54.1ve 64.3 kg/da olmak üzere I_{50} ve I_{75} konularında, en yüksek tohum verimi ise 91.4 kg/da ile I_{100} konusunda bulunmuştur. Kullanılan farklı sulama sistemlerinde ise yüzey altı damla sulama sistemi kullanılan parsellerdeki tohum verimi 83.7 kg/da ve damla sulama sistemindeki tohum verimi 56.8 kg/da olarak bulunmuştur. 2013 ve 2015 yıllarında yağmur suyu hasadı tekniği ile yarı kurak koşullarda çerezlik kabak üretiminin gerçekleştiği bir çalışmada, farklı sıra aralıklarının uygulandığı konulara göre alınan tohum verimleri; 2013 yılında maksimum verim 1 m ve 1.2 m bitki sıra aralarına sahip konulardan sırasıyla 202 kg/ha ve 208 kg/ha, minimum verim ise kontrol konusundan 55 kg/ha olarak elde edilmiş. 2015 yılında ise 1 m bitki sıra arasına sahip konudan 660kg/ha ile maksimum verimi, 0.8 m bitki sıra arasına sahip konudan 397 kg/ha ile minimum verim elde etmişlerdir (Ünlükara ve ark.,2021).

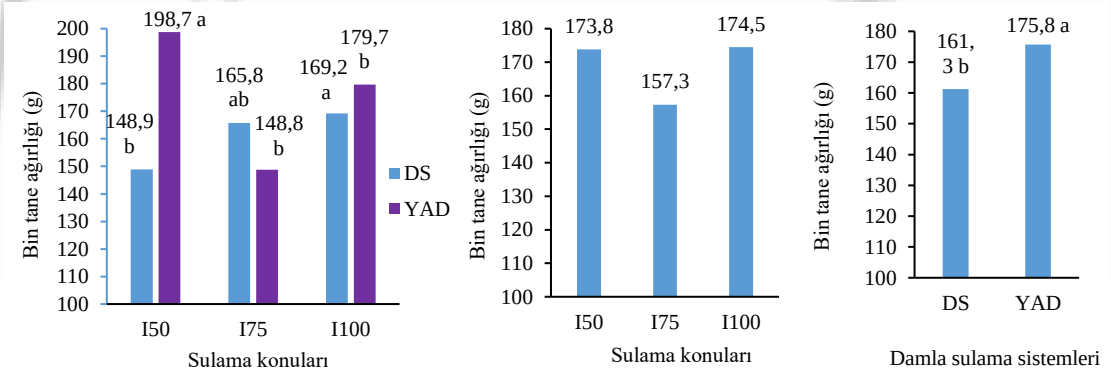
Şekil 7. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Tohum Verimine Etkisi



3.4 Bin tane ağırlığı (g)

Bin tane ağırlığı bu denemede 148.8 g- 198.7 g arasında değişmiştir ve ortalama bin tane ağırlığı 168.5 g olarak elde edilmiştir (Şekil 8). Farklı sulama sistemlerinin bin tane ağırlığındaki değişimi ve damla sulama sistemi × sulama oranı $p<0.05$ düzeyinde etkili bulunmuştur. Ancak farklı sulama oranlarının bin tane ağırlığına etkisi önemli bulunmamıştır. En düşük bin tane ağırlığı verileri 157.3 g ve 173.8 g ile sırasıyla I_{50} ve I_{75} konularına aittir. En yüksek bin tane ağırlığı verisi ise 174.5 g ile I_{100} konusundadır. Kullanılan farklı sulama sistemlerinde açısından ise bin tane ağırlıkları, yüzey altı damla sulama sisteminde 175.8 g ve damla sulama sisteminde 161.3 g olarak bulunmuştur. 2013 ve 2015 yıllarında yağmur suyu hasadı tekniği ile yarı kurak koşullarda çerezlik kabak üretiminin gerçekleştiği bir çalışmada, farklı sıra aralıklarının uygulandığı konulara göre bin tane ağırlıkları; 2013 yılında 1000 tane ağırlığı en yüksek, 1.2 m bitki sıra aralarına sahip konudan 210 g ve en düşük 1000 tane ağırlığı ise kontrol konusundan 156 g olarak elde edilmiş. 2015 yılında ise 1000 tane ağırlığı verileri 1.2 m bitki sıra arasına sahip konudan 264 g, 0.8 m bitki sıra arasına sahip konudan 190 g olarak saptamışlardır (Ünlükara vd.,2021).

Şekil 8. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Bin Tane Ağırlığına Etkisi

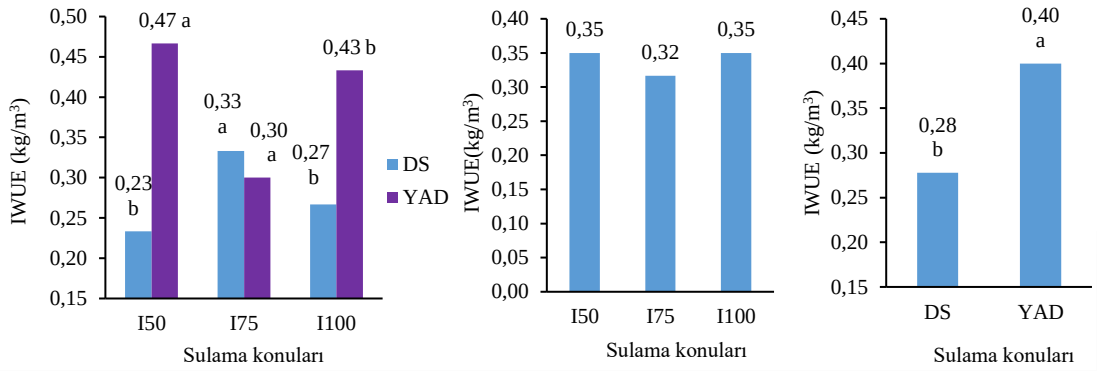


3.3.5. Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE)

Denemede sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değerleri, 0.23 kg/m^3 ile 0.47 kg/m^3 arasında değişiklik göstermiş olup, ortalama olarak ise 0.34 kg/m^3 değerinde bulunmuştur (Şekil 9). Farklı sulama oranlarında sulama suyu kullanım etkinlinin değeri önemli bulunmamıştır. Ancak sulama oranları×damla sulama sistemlerinin sulama suyu kullanım etkinliğine etkisi $p<0.05$ düzeyinde, farklı sulama sistemlerinin etkisi ise $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Sulama suyu kullanım etkinliği, en düşük I_{75} konusunda 0.32 kg/m^3 bulunurken en yüksek I_{50} ve I_{100} konularında 0.35 kg/m^3 ile aynı değerler elde edilmiştir. Farklı sulama sistemleri açısından sulama suyu kullanım etkinliği, yüzey altı damla sulama sistemi ile sulanan konularda 0.40 kg/m^3 bulunurken, damla sulama sistemi ile sulanan konularda 0.28 kg/m^3 bulunmuştur. Konya' da 2013 ve 2014 yıllarında

"Ürgüp Sivri" sinde su stresi uygulanarak yapılan bir çalışmada, sulama yapılmayan konu haricinde sulama suyu kullanım etkinliği değerleri 2013 yılında 0.24-0.44 arasında ise 2014 yılında 0.24-0.29 arasında elde edilmiş. 2013 yılında sulama suyu kullanım etkinliği önemli derecede artış gerçekleştirmişken,2014 yılında artış fazla gerçekleşmemiştir (Seymen vd, 2016).

Şekil 9. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Oranlarının Çerezlik Kabak Sulama Suyu Kullanımına Etkisi



4. Sonuç ve Öneriler

Çerezlik kabak bitkisinde uygulanan su stresinin, meyve boyu, çapı, ağırlığı ve meyve verimlerinde düşüşe neden olduğu görülmüştür. Denemede yapılan 7 mm altı ve 7mm üstü elek analizinden elde edilen sonuçlar ve fire verilen tohum miktarları önemli miktarda bulunmamıştır.

Yüzey altı damla sulama sistemi kullanılarak sulanan parsellerden elde edilen sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE-kg/m^{-3}) verilerinin, damla sulama sistemi ile sulanan parsellere göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Yüzey altı damla sulama sisteminin sulama suyunu daha etkin kullanması, bitki verim ve verim bileşenlerinde artış neden olduğu görülmüştür. Bu nedenle çerezlik kabak (*Cucurbita pepo L.)* tarımında, yüzey altı damla sulama sisteminin kullanılması yararlı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından Yüksek Lisans Tez Projesi olarak FYL-2021-11091 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M., 1998. Crop Evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Rome, 300 pp.

AMER K.H., 2011. Effect of irrigation method and quantity on squash yield and quality. Agricultural Water Management, 98: 1197-1206.

ÇAMOĞLU, G., (2004). Farklı Yapım ve Yapım Özelliklerine Sahip Damlatıcılarda Eş Su Dağılımının İncelenmesi. ÇOMÜ. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.

DÜZELTİR, B., 2004. Çekirdek kabağı (*Cucurbita pepo L.)* hatlarında morfolojik özelliklere tanımlama ve seleksiyon çalışmaları. Yüksek lisans tezi, 76s., Ankara.

FAO,2020. (Web sistesi: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL) Erişim tarihi:Ekim,2022).

FİDAN, 2010. Çerezlik Kabakta Tohum Temini. Eskişehir Ticaret Borsası Dergisi. Sayı:1, Sayfa:32-34

HESS M., BILL, M., JASON, S., JOHN, S., 1997. Oregon State University Western Oregon Squash Irrigation Guide, vol. 541. Department of Bioresource Engineering, Corvallis, OR, pp. 737-6304

GHANBARI, A., NADJAFI, F., SHABAHANG, J., 2007. Effects of irrigation regimes and row arrangement on yield, yield compenents and seed quality of pumpkin (Cucurbita pepo L.). Asian Journal of Plant Sciences, 6 (7): 1072-1079

KIRNAK, H., ÜNLÜKARA, A., İRİK, H.A., YETİŞİR, H., 2016. Water-yield relationship on pumpkin, International conference on natural science and engineering. Kilis 7 Aralık Üniversitesi 833-842 pp 19-20 March 2016, Kilis.

KUSLU, Y., SAHİN, U., KİZİLOGLU, M.F., MEMİS, S., 2013. Fruit Yield and Quality, and Irrigation Water Use Efficiency of Summer Squash Drip-Irrigated with Different Irrigation Quantities of Summer Squash Drip-Irrigated with Different Irrigation Quantities in a Semi-arid Agricultural Area. Journal of Integrative Agriculture Advance Online Publication. Doi:10.1016/S2095-3119(13)60611-5

ÖZER, S., 2012. Kabak (Cucurbita pepo L.) bitkisinin sulama zamanının planlamasında bitkiye dayalı ölçüm tekniklerinin kullanım olanakları. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.

PAKSOY, M., AYDİN, C., 2004. Some physical properties of edible squash (Cucurbita pepo L.) seeds. Journal of Food Engineering, 65: 225-231.

SEYMEN, M., YAVUZ, D., YAVUZ, N., TÜRKMEN, Ö.,2016. Effect on Yield and Yield Components of Different Irrigation Levels in Edible Seed Pumpkin Growing. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering Vol:10, No:5, 2016

SUNULU, S., YAĞCIOĞLU, M., 2014. Kayseri'de çerezlik kabak (Cucurbita pepo L.) üreticilerinin işletme, pazarlama ve üretim teknikleri durumu. Çerezlik Kabak Çalıştayı, İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 26-27 Kasım, Kayseri.

TAGEM-DSİ, 2017. Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı/Ankara, 590 s.

TÜİK, 2020. (Web sayfası: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr) (Erişim tarihi: Ekim,2022).

TÜİK, 2021. (Web sayfası: https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr) (Erişim tarihi: Ekim,2022).

TURGUT, G.,2015. Çerezlik Kabak Genotiplerinin Erzurum Şartlarında Adaptasyonu, Verim ve Kalitelerinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 93 s.

ÜNLÜKARA, A., 2014. Kabak Su İlişkileri ve Sulama Stratejisi. Çerezlik Kabak Çalıştayı, 26-24 Kasım, Kayseri. 69-80.

ÜNLÜKARA, A., AYRANCI, B., KOCAASLAN, N.., AKDAŞ, M., GENÇASLAN, O.C., 2019. Farklı Toprak Nem Tansiyonunda Sulamanın Çerezlik Kabakta Verim Ve Kaliteye Etkisi. International Erciyes Agriculture, Animal and Food Sciences Conference, Kayseri, Türkiye, ss.630-638, 2019.

ÜNLÜKARA, A., BAKIR, R., 2018. Birinci ve İkinci Ürün Çerezlik Kabağın (*Cucurbita pepo* L.) Su Kullanımı ve Veriminin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, I. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı: 309-318.

ÜNLÜKARA, A., BAHÇIVAN, M., YILDIZ, D., ERTAŞ D., 2019. Çerezlik Kabakta Yaprak Görsel Turgor Kaybına Bağlı Sulama Zamanlaması. International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference 24-27 Nisan 2019. Erciyes Üniversitesi, Kayseri. 599-608.

ÜNLÜKARA, A., YETİŞİR H., CEBECİ İ., 2021. Rainwater harvesting with polyethylene film covered ridges for pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed production under semiarid conditions. Journal of Agricultural Sciences, DOI: 10.15832/ankutbd.643753

YANMAZ, R., 2014. Türkiye'nin çerezlik kabak potansiyeli, Çerezlik Kabak Çalıştayı, İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 26-27 Kasım, Kayseri.

Presentation ID / Sunum No: 143

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-00003-4931-8100

Damla Sulama ve Yüzey Altı Damla Sulama Sistemleriyle Farklı Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Verimine Etkisi

Araştırmacı Didem Yıldız[1], Prof.Dr. Ali Ünlükara[1]
[1]Erciyes Üniversitesi

*Corresponding author: Didem Yıldız

Özet: *Bu araştırmada, damla sulama ve yüzey altı damla sulama sistemleri ile farklı sulama frekanslarında yapılan sulamaların çerezlik kabak bitkisine (Cucurbita pepo L.) olan etkilerinin saptanması amaçlanmıştır. Kayseri'de 2022 yetiştirme döneminde Tesadüf Bloklarında Tesadüf Parseller deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak kurulan denemede, yüzey altı damla sulama sistemi ve damla sulama sistemiyle çerezlik kabak 4 gün, 8 gün ve 12 gün arayla sulanmıştır. Damla sulama sistemleri meyve boyutları ve meyve verimi üzerine önemli düzeyde etkili olurken sulama frekanslarının etkisi önemli bulunmamıştır. Damla sulama ve yüzey altı damla sulama sisteminden 25.82 t/ha ve 18.23 t/ha meyve verimi elde edilirken 441.9 kg/ha ve 385.9 kg/ha tohum verimi elde edilmiştir. Sulama frekansı 4, 8 ve 12 gün için sırasıyla 431.4, 422.4 ve 388.0 kg/ha çerezlik kabak tohumu üretilmiştir. Yüksek kullanılabilir su tutma kapasiteli (156.8 mm/m) tınlı kumlu toprakta 12 günlük sulamada daha düşük verim alınmasına karşılık bu fark önemli bulunmamıştır. Yüzey altı damla sulama sisteminde lateral boruların sığ yerleştirilmesi, yeterli toprak işlemeyi engellemesi nedeniyle beklenilen verim artışı elde edilememiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Damla Sulama Sistemleri, Sulama Aralığı, Çerezlik Kabak Bitkisi*

Effect of Different Irrigation Frequencies With Drip and Subsurface Drip Irrigation Systems On Pumpkin Yield

Abstract*: This study aimed to determine the effect of different irrigation frequencies applied with drip and subsurface drip irrigation systems on pumpkins (Cucurbita pepo L.), cultivated for their seeds. The pumpkin was irrigated at 4 days, 8 days, and 12 days intervals with drip irrigation and subsurface irrigation systems in this experiment, which was carried out in 2022 under Kayseri conditions and arranged according to randomized blocks with three replications. The drip irrigation systems significantly affected pumpkin fruit sizes and fruit yield while the irrigation frequency treatments did not affect them. Drip irrigation and subsurface drip irrigation systems produced 25.82 and 15.83 t/ha fruit yields, and 441.9 and 385.9 kg/ha seed yields, respectively. Irrigation applications at 4, 8, and 12 days produced 431.4, 422.4, and 388.0 kg/ha seed yields. Although lower seed yield was obtained with 12-day irrigation intervals in sandy loam textured soil, which has a higher total available water capacity (156.8 mm/m), this yield did not differ significantly from the other treatments. The expected yield improvement irrigating with subsurface drip systems was not achieved since the shallow installation of subsurface lateral lines prevented favorable soil tillage.*

Keywords: *Drip İrrigation Systems, İrrigation İntervals, Pumpkin*

GİRİŞ

Kavun, karpuz, hıyar, bal kabağı, kestane kabağı gibi bitkiler ile birlikte çekirdeklik kabak kabakgiller (*Cucurbitacea*) familyasını oluşturmaktadır (Çakır, 1996). Değişik kabak türleri gerek çekirdeği ve gerekse meyveleri ile insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Meyvesinde, çözünmeyen proteinleri, çözünebilen pepton'a dönüştüren enzimlerin bulunması, böbrek hastalarının beslenmesi açısından, kabağı çok önemli bir gıda kaynağı haline getirmektedir. İçerdikleri vitaminler açısından da kabak meyveleri çok değerli bir besin kaynağıdır. Bazı kabak çeşitlerinin meyvelerinde 8-10 mg A vitamini bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kabak çekirdeğinin yüksek miktarlarda protein ve yağ içerdiği bilinmektedir. Kabak çekirdeği %58'e varan oranlarda yağ içermektedir. Gıda sektöründen kozmetik ve ilaç sektörüne kadar birçok alanda hammadde olarak değerlendirilen bu tohum, sanayi ürünü olmasının yanı sıra çoğunlukla kuruyemiş olarak tüketilmektedir (Yanmaz, 2014). Ülkemizde çerezlik kabak tohumu yetiştiriciliğinde çoğunlukla sakız kabağı *(Cucurbita pepo L.)* ve bal kabağı *(Cucurbita moschata)* tohumları kullanılmaktadır. Kabak bitkisi, iyi drenajlı ve organik madde bakımından zengin topraklarda yetişir (Hess vd., 1997). Tarla içi su yönetimi uygulamaları, kurak ve yarı kurak bölgelerde sulu tarımda bitki verimini en çok etkileyen faktördür (Al-Omran vd., 2005). Kabak bitkisinin ihtiyaç duyduğu su miktarının karşılanmaması ya da bu miktarın aşılması halinde önemli verim kayıpları oluşabileceği belirtilmiştir (Amer, 2011). Ülkemizde çerezlik kabak üretim alanı, miktarı ve tüketiminin önemli seviyelere ulaşmasına rağmen yapılan çalışmalar son derece azdır. Çerezlik kabakta verim ve kalitede ortaya konulabilecek küçük iyileştirmeler, üretici ve sanayicilerin karlılığını artırabilecek durumdadır (Fidan, 2014). Yüksek derecede verimli ve kaliteli üretim yapabilmek için bitki su ihtiyacı doğru şekilde belirlenmeli ve zamanında sulamalar yapılmalıdır (Ünlükara, 2014).

Günümüzde tarım ve su kaynakları iklim değişikliğinden en fazla etkilenen kesimlerin başında gelmektedir. Su kaynaklarına doğrudan ve dolaylı etkide bulunan küresel ısınma, su ve su kaynaklarının önemini daha da arttırmaktadır (Karaman ve Gökalp, 2010). Tarımda kullanılan suyun azalması sonucunda su tasarrufu sağlamak amacıyla, damla sulama sistemlerinin kullanımı günümüzde önemlidir (Çamoğlu, 2004). Bu nedenle, sulama randımanı ve su tasarrufunda üstünlüklere sahip, en gelişmiş tarımsal sulama yöntemlerinden birisi olan yüzey altı damla sulama sistemi bu projede tercih edilmiştir. Sulama suyunun buharlaşmasını önleyerek topraktaki nemin korunmasını sağlayan ve sulama suyunu daha etkili bir şekilde kullanan yüzey altı damla sulama sisteminde, çerezlik kabak bitkisine (*Cucurbita pepo L.*) farklı sulama frekansları uygulayarak, bitki su kullanım etkinliği ve verime etkisi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

Deneme, Türkiye'nin yarı kurak bölgesinde İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan rakımı 1050 mm olan Kayseri ilinde yürütülmüştür. Kayseri'de Ortalama sıcaklık Ocakta -1.6°C ile Temmuzda 22.3°C, ortalama en yüksek sıcaklıklar Ocakta 4.2°C ve Ağustosta 30.8°C, ortalama en düşük sıcaklıklar yine Ocakta -6.8°C ve 12.1°C arasında değişmektedir. Yıllık toplam yağış 389.6 mm ve yıllık ortalama güneşlenme süresi günde 7 saattir (MGM, 2022). Atmosferin buharlaşma talebi veya referans evapotranspirasyon Ocakta 28.8 mm ile Temmuzda 169.6 mm arasında değişmekte ve 1190 mm yıllık toplam vermektedir (Ünlükara, 2014).

Çalışmada damla sulama (DS) ve yüzey altı damla sulama (YAD) sistemleri ile çerezlik kabak bitkisi (*Cucurbita pepo L.*) 4 gün, 8 gün ve 12 sulama frekanslarında sulanmıştır. Her bir sulama frekansı 3 kez tekrarlanmış ve çalışma Tesadüf Bloklar Deneme Desenine göre tasarlanmıştır. Denemede damla sulama sisteminde 9 ve yüzey altı damla sulama sisteminde de 9 adet olmak üzere toplam 18 parsel bulunmaktadır. Parseller 5×6 m boyutlarında olup toplam 5 bitki sırası içermektedir. Bitki sıraları arası 1 m ve sıra üstü bitki aralığı 0.5 metredir. Deneme alanı topraklarının bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir (Ünlükara ve Bakır, 2018). Kumlu tın ve tınlı ince kumlu bünyeye sahip deneme alanı topraklarının toplam kullanılabilir nem miktarı 156.8 mm/m düzeyindedir. Üst kök bölgesi toprağının satürasyon ekstresi elektriksel iletkenliği ortalama 1.65 dS/m olmasına karşın bu değer tuzluluğa orta derecede toleranslı kabak bitkisi eşik tuzluluk değerinin (ECe= 4.7 dS/m) altındadır (Ayers ve Westcot, 1986; Ünlükara, 2014).

Parsellere ekim öncesi Toros 20×20×0×30 SO_3+Zn gübresi dekara 12'şer kg azot ve fosfor gelecek şekilde uygulanmış ve çapa ile karıştırılmıştır. Ekim öncesi damla sulama parselleri çapa makinası ile yüzey altı damla sulama parselleri ise boruların zarar görmemesi için el ile çapalanmıştır. Parsellere 17 Mayıs 2022 tarihinde her bir ocağa 3 adet tohum atılarak ekim yapılmıştır. Çimlenme sonrasında her bir ocakta tek fide kalacak şekilde tekleme yapılmıştır. Fide çıkışları ve seyreltmeden sonra 1 kg/dekar saf azot gelecek şekilde amonyum sülfat gübresi suda eritilerek verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının bazı özellikleri

Toprak Derinlikleri (cm)	Bünye	Hacim Ağırlığı ($g.cm^{-3}$)	Tarla Kapasitesi ($m^3.m^{-3}$)	Solma Noktası ($m^3.m^{-3}$)	TAW (mm)	EC_e ($dS.m^{-1}$)
0-20	Tınlı ince kum	1.43	0.28	0.14	28.0	1.69
20-40	Kumlu tın	1.31	0.28	0.15	26.2	1.61
40-60	Tınlı ince kum	1.48	0.29	0.12	35.4	0.64
60-80	Tınlı ince kum	1.47	0.29	0.12	34.4	0.57
80-100	Kumlu tın	1.33	0.31	0.15	32.8	0.96

TAW: Toplam kullanılabilir nem, EC_e: Toprak saturasyon çamuru ekstraktı elektriksel iletkenliği.

Bitki su tüketimi FAO-56 Penman-Monteith yöntemine göre günlük olarak tahmin edilmiştir.

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

Eşitlikte, ET_c bitki su tüketimi (mm), K_c bitki katsayısı, ET_o referans bitki evapotranspirasyonudur (mm). Çerezlik kabak bitki gelişme dönemi için Allen vd. (1998) tarafından başlangıç dönemi, orta dönem ve hasat dönemi bitki katsayıları 0.5, 0.95 ve 0.75 önerilmiştir. Kırnak vd. (2016) tarafından Kayseri koşulları için Develi popülasyonu çerezlik kabak için başlangıç, orta ve hasat dönemi için Kc katsayıları 0.33, 1.09 ve 0.55 önerilirken Tagem-DSİ (2017) tarafından çerezlik balkabağı olarak Konya için bu katsayılar 0.44, 1.02 ve 0.82 verilmiştir. Bu çalışmada ise belirtilen literatür değerlerine göre çerezlik kabak için Kc katsayısı 0.5, 1.0 ve 0.65 alınmıştır. Deneme alanında Kayseri 7.Meteoroloji Bölge Müdürlüğü tarafında işletilen 19188 nolu istasyon tarafından referans evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmasında gerekli meteorolojik veriler indirilmiştir.

Tam sulama parsellerine uygulanacak sulama suyu hacmi (V) aşağıdaki eşitlik yoluyla hesaplanmış ve damla sulama sistemleri ıslatma oranı 1.0 kabul edilerek parsellere uygulanmıştır:

$$V = ET_c \cdot A$$

Eşitlikte V sulama suyu hacmi (L), ET_c tahmin edilen bitki su tüketimi (mm) ve A parsel alanıdır (5×6= 30 m^2). Her iki sulama sistemine 0.3 m aralıklı ve q= 1.7 L/saat debili damlatıcıya sahip 16 mm çapında lateraller her bitki sırasına yerleştirilmiş olup toplamda her parselde 100 adet damlatıcı bulunmaktadır. Parsele uygulanacak su hacmi parsel debisi olan 170 L/saate bölünerek sulama süresi hesaplanmış ve buna göre sulama uygulamaları yapılmıştır. Sulama frekansı konularına göre 4 günlük, 8 günlük ve 12 günlük su tüketimi bu şekilde uygulanmıştır. Parsel başlarında lateral borular 32 mm manifol borulara, manifold borular 40 mm çapında alt ana borulara ve bu borular da 75 mm ana borulara bağlanmıştır. YAD sisteminde 20 cm derinliğe yerleştirilen lateral borular ayrıca parsel sonunda 32 mm çapında yıkama borusuna bağlanmıştır. Sulama sistemi kapatılmadan önce yıkama borusuna takılı küresel vana açılarak sisteme hava girişi sağlanmıştır. Manifold boru başlarında bir küresel vana ve manometre ile su girişi kontrolü yapılmıştır. Derin kuyudan alınan su filtrelendikten ve basıncı ayarlandıktan sonra sulama sistemine verilmiştir.

Hasat 20 Eylül 2022 tarihinde yapılmaya başlanmış ve 2 günde tamamlanmıştır. Kenar tesirleri çıkarıldıktan sonra orta sıralarda yer alan 15 bitki hasat edilerek değerlendirilmiştir. Her bitkiden hasat edilen meyvelerin sayısı, meyve ağırlıkları, meyve boyu ve çapı ölçüldükten sonra kesilen meyvelerden el ile tohumlar çıkarılmış, tartılmış ve havada kurutulmuştur. Kurutulmuş tohumlar bir hava üfleyici yardımıyla ayıklanmış ve net tohum ağırlığı elde edilmiştir. Her bir konudan bin adet tohumun ağırlığı alınmış, birim alandan hasat edilen tohum miktarı (kg) bu alana uygulanan sulama suyu miktarına (m3) oranlanarak sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) belirlenmiştir

(Howell vd. 1992). Elde edilen sonuçlar IBM SPSS 22 programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve farkları önemli bulunan konular sonuçlar Duncan Çoklu Karşılaştırma testine göre sınıflandırılmıştır. Excel programı yardımıyla çerezlik kabak meyve boyutları ile meyve ağırlığı, meyve ağırlığı ile meyve başına tohum ağırlığı, meyve ağırlığı ile bin tane ağırlığı arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yüzey altı damla sulama sistemi ve damla sulama sistemi ile farklı sulama frekanslarında sulanan çerezlik kabak bitkisine (*Cucurbita pepo L.*) ilişkin aşağıda belirtilmiş ve tartışılmıştır.

3.1 Uygulanan Sulama Suyu

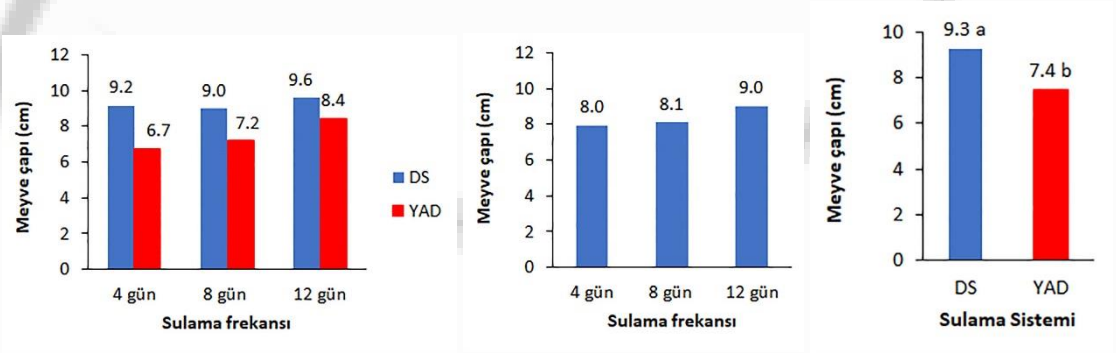
Sulama uygulamalarına 8 Temmuz 2022 tarihinde başlanmış ve 25 Ağustos 2022 tarihinde son sulama yapılarak bitirilmiştir. Toplamda 4 gün sulama frekansı için 11 kez, 8 gün sulama frekansı için 9 kez ve 12 sulama frekansı için 7 kez sulama yapılmıştır. Bitki gelişimi açısından ilk 3 sulama tüm konularda aynı tarihlerde ve düşük miktarlarda yapılmış sonra konulu sulamalar gerçekleştirilmiştir. Sulama frekansı 4 gün, 8 gün ve 12 gün için sırasıyla 195 mm, 185 mm ve 192 mm sulama suyu uygulanmıştır.

3.2 Bitki Meyve Özellikleri ve Verimi

3.2.1 Meyve Çapı (cm)

Denemede ortalama 8.4 cm olan meyve çapı 6.2-9.6 cm arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 1). Meyve çapındaki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının etkisi önemli çıkmamasına karşın farklı damla sulama sistemlerinin etkisi önemli bulunmuştur. Farklı sulama frekanslarına göre meyve çapı 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 8.0, 8.1 ve 9.0 cm bulunmuştur. En büyük meyve çapı damla sulama sisteminde 9.3 cm ve en düşük yüzey altı damla sulama sisteminde 7.4 cm saptanmıştır.

Şekil 1. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Meyve Çapına Etkisi

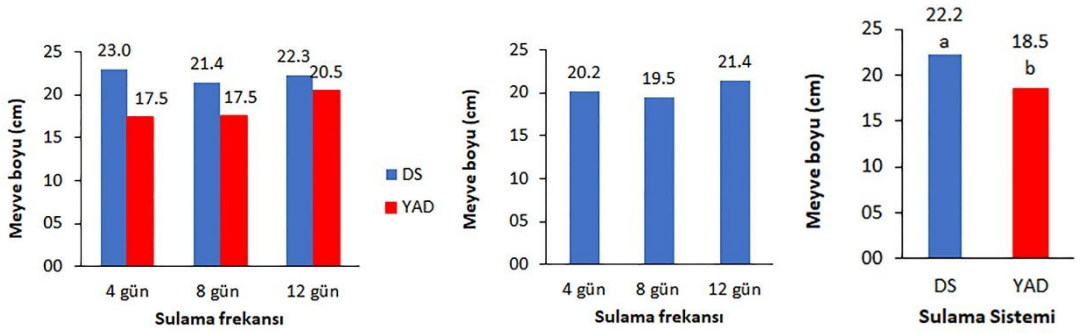


2015 ve 2016 yıllarında Kayseri'de birinci ve ikinci ürün olan çerezlik kabak bitkisinin su kullanımı, verimi ve kalitesinin belirlendiği bir çalışmada, meyve çapı 16.5-24.1 cm arasında değişmiş, ortalama meyve çapı 19 cm olarak bulunmuştur (Ünlükara ve Bakır, 2018).

3.2.2 Meyve Boyu (cm)

Denemede ortalama 20.4 cm olan meyve boyu 17.5-23 cm arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 2). Meyve boyundaki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının etkisi önemli çıkmamasına karşın farklı damla sulama sistemlerinin etkisi önemli bulunmuştur. Farklı sulama frekanslarına göre meyve boyu 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 20.2, 19.5 ve 21.4 cm bulunmuştur. En büyük meyve boyu damla sulama sisteminde 22.2 cm ve en düşük yüzey altı damla sulama sisteminde 18.5 cm saptanmıştır. Boyu çapından daha uzun meyvelere sahip bu yeni çeşitte meyve boyu yaklaşık olarak meyve çapının 2.4 katı kadardır.

Şekil 2. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Meyve Boyuna Etkisi

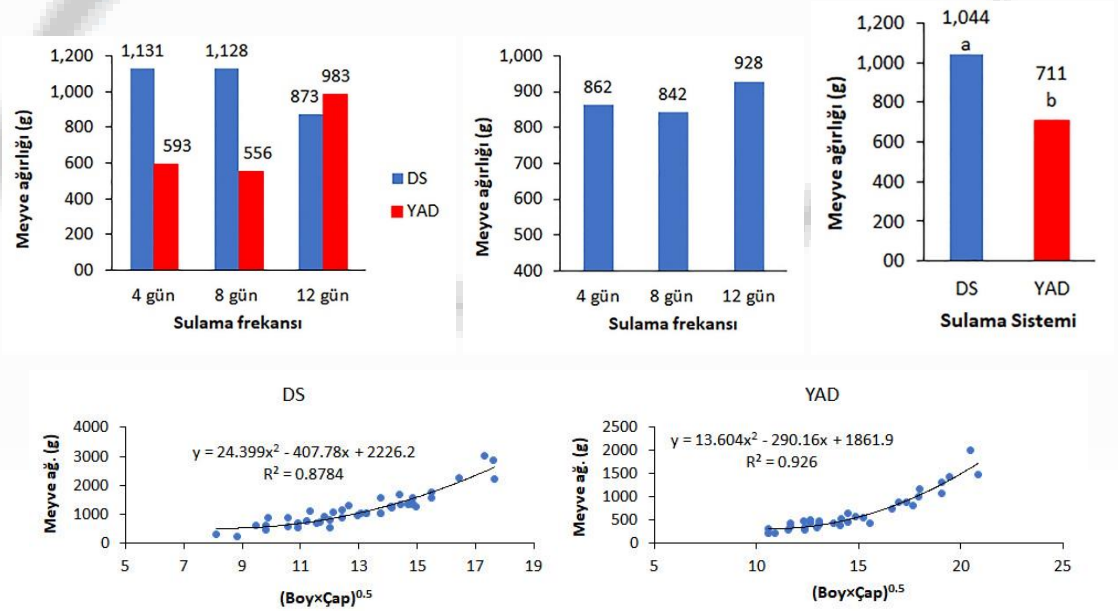


2018 yılında Kayseri'de farklı toprak nem tansiyonunda sulamanın çerezlik kabakta verim ve kaliteye etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, meyve boyları farklı tansiyometre ölçümlerine göre, 40 cbar da 24.3 cm, 55 cbar da 22.5 cm,70 cbar da 22 cm ve ortalama meyve boyu ise 23 cm olarak bulunmuştur (Ünlükara vd.,2019).

3.2.3 Ortalama Meyve Ağırlığı (g)

Denemede ortalama 877.5 g olan meyve ağırlığı 556-1131 g arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 3). Meyve ağırlığındaki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının etkisi önemli çıkmamasına karşın farklı damla sulama sistemlerinin etkisi önemli bulunmuştur. Farklı sulama frekanslarına göre meyve ağırlığı 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 862, 842 ve 928 g bulunmuştur. En büyük meyve ağırlığı damla sulama sisteminde 1044 g ve en düşük yüzey altı damla sulama sisteminde 711 g saptanmıştır. Meyve boyutları ile meyve ağırlığı arasında önemli istatistik ilişki elde edilmiştir (Şekil 3).

Şekil 3. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Ortalama Meyve Ağırlığına Etkisi, Meyve Boyutları ile Meyve Ağırlığı İlişkisi



Meyve boyu ile meyve çapının çarpımının kare kökü ile meyve ağırlığı arasında kuvvetli korelasyon belirlenmiştir. Söz konusu polinom ilişkisinde her iki sulama sisteminde meyve boyutlarının artmasıyla birlikte meyve ağırlığı artmasına karşın meyve ağırlığı artış oranında düşmüştür. İri kabak meyveleri orta kısmında meydana gelen boş hacmin iri meyvelerde daha büyük olması nedeniyle meyve ağırlığı artış oranı azalmıştır.

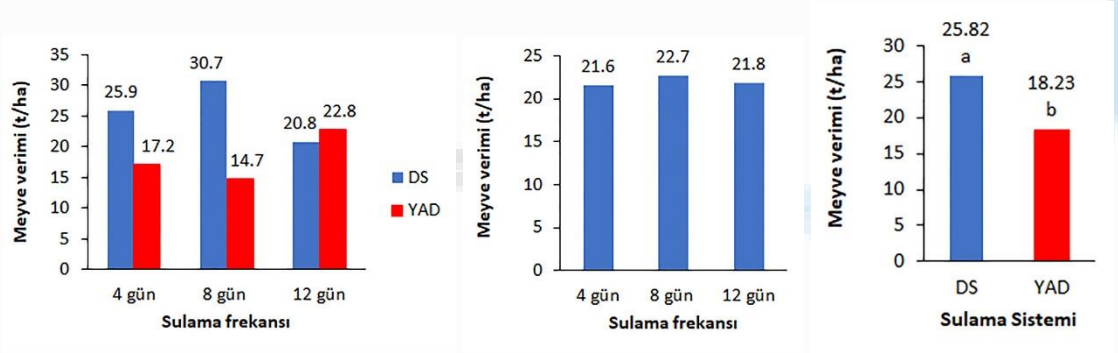
İbrahim ve Selim (2007) tarafından sakız kabağı killi tınlı toprakta 8, 12 ve 16 gün frekanslarında sulanmış ve 1.yıl ortalama meyve ağırlığı 136, 131 ve 118 g, 2.yıl 140, 136 ve 122 g saptanmıştır. 2017 yılında Kayseri'de çerezlik kabak bitkisinde görsel yaprak turgor kaybına bağlı sulama zamanlamasının incelendiği bir çalışmada, nötronmetre, tansiyometre ve görsel yaprak turgor

kaybına göre 3 farklı şekilde sulanan çerezlik kabak bitkisinin, meyve ağırlığı 2-3.28 kg arasında değişmiş ve ortalama meyve ağırlığı ise 2.70 kg olarak saptamıştır (Ünlükara vd.,2019). Kabak çeşitlerine göre meyve şekilleri, meyve boyutları ve meyve ağrılıkları değişebilmektedir.

3.2.4 Meyve Verimi

Denemede ortalama 22.03 t/ha olan meyve verimi 14.7-30.7 t/ha arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 4). Meyve verimindeki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının etkisi önemli çıkmamasına karşın farklı damla sulama sistemlerinin etkisi önemli bulunmuştur. Farklı sulama frekanslarına göre meyve ağırlığı 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 21.6, 22.7 ve 21.8 t/ha bulunmuştur. En büyük meyve ağırlığı damla sulama sisteminde 25.82 t/ha ve en düşük yüzey altı damla sulama sisteminde 18.23 t/ha saptanmıştır. Yüzey altı damla sulama laterallerinin 20 cm kadar bir derinliğe yerleştirilmesi nedeniyle motorlu çapa makinası ile değil el ile çapalama yapılmış ve tohum ekimi öncesi toprak iyice yumuşatılamamıştır. Bu durum meyve verimi açısından yüzey altı damla sulama sisteminin daha geride kalmasına yol açmıştır.

Şekil 4. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Meyve Verimine Etkisi



Çerezlik kabak sulamalarında etkili kök derinliği genelde 0.6 m alınması ve toplam kullanılabilir nemin %50'si tüketilmeden sulanması önerilmektedir (Allen vd., 1998; Kırnak vd., 2019). Bu durumda etkili kök derinliği için toplam kullanılabilir nem 94 mm ve bunun %50'si ise 47 mm'dir. En geniş sulama aralığı konusu olan 12 günlük sulama konusunda bile tek seferde en yüksek uygulanan su miktarı 51 mm olup bu durum bitkinin çok hafif bir su stresi etkisinde kaldığını göstermektedir. Dolayısıyla sulama konuları arasında önemli bir fark ortaya çıkmamıştır.

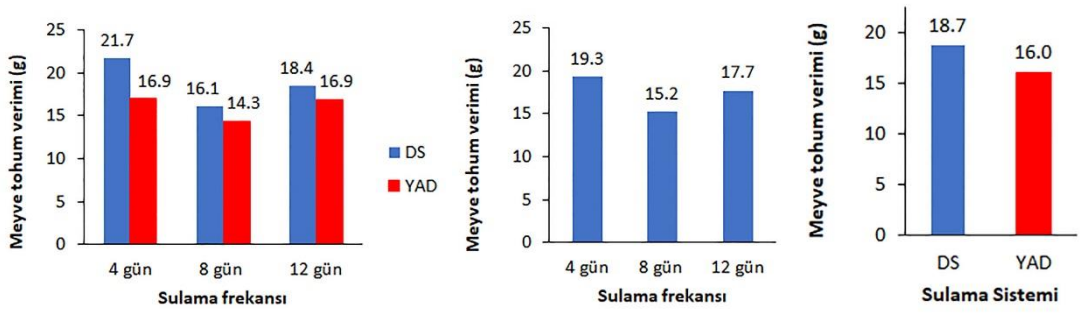
3.3 Tohum Verimi ve Tohum Özellikleri

Yüzey altı damla sulama ve damla sulama sistemleri kullanılarak uygulanan farklı sulama rejimlerinin sulama konularına göre tohum verimine etkisi incelenmiş ve aşağıda belirtilmiştir**.**

3.3.1. Meyve ve Bitki Tohum Verimi

Denemede ortalama 17.4 g olan meyve tohum verimi 14.3-21.7 g arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 5). Meyve tohum verimindeki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının ve sulama sistemlerinin etkisi önemli çıkmamıştır. Farklı sulama frekanslarına göre meyve tohum verimi 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 19.3, 15.2 ve 17.7 g, damla sulama sisteminde 18.7 g ve yüzey altı damla sulama sisteminde 16 g saptanmıştır.

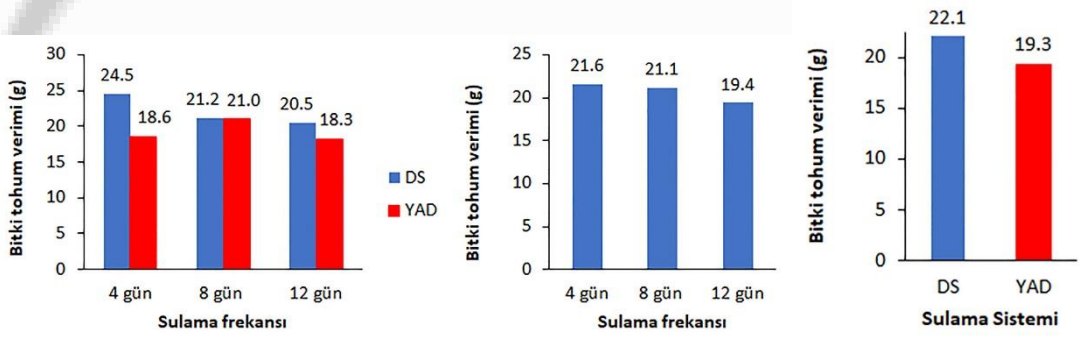
Şekil 5. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Meyve Tohum Verimine Etkisi, Meyve Ağırlığı ve Tohum Verimi Arasındaki İlişki



2012 ve 2013 yıllarında, Erzurum şartlarında, farklı yerlerden elde edilen 9 farklı çerezlik kabak genotipinin adaptasyonun, verim ve kalitesinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada meyve başına ilk yıl 54.74 g, ikinci yıl ise 71.44 g ortalama tohum verimi alındığı belirtilmiştir (Turgut, 2015).

Denemede ortalama 20.7 g olan bitki tohum verimi 18.3-24.5 g arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 6). Bitki tohum verimindeki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının ve sulama sistemlerinin etkisi önemli çıkmamıştır. Farklı sulama frekanslarına göre meyve tohum verimi 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 21.6, 21.1 ve 19.4 g, damla sulama sisteminde 22.1 g ve yüzey altı damla sulama sisteminde 19.3 g saptanmıştır. Kayseri'de 2015-2016 yetiştirme döneminde yapılan bir çalışmada, bitki net tohum verimi 48.0-91.0 g arasında değişmiş, bir bitkiden ortalama 66.0 g tohum verimi elde edilmiştir (Ünlükara ve Bakır, 2018).

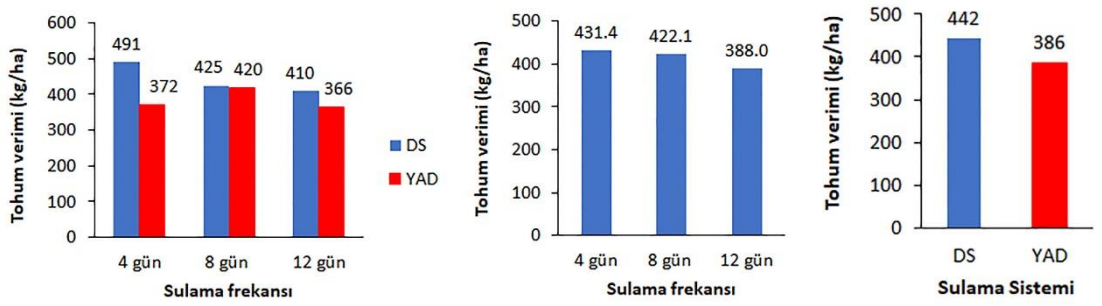
Şekil 6. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Bitki Tohum Verimine Etkisi



3.3.3 Tohum Verimi

Çerezlik kabak yetiştiriciliğinde amaç çerezlik kabak tohum üretimidir. Denemede ortalama 413.9 kg/ha olan tohum verimi 366-491 kg/ha arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 7). Birim alan tohum verimindeki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının ve sulama sistemlerinin etkisi önemli çıkmamıştır. Farklı sulama frekanslarına göre tohum verimi 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 431.4, 422.1 ve 388 kg/ha, damla sulama sisteminde 442 kg/ha ve yüzey altı damla sulama sisteminde 386 kg/ha saptanmıştır.

Şekil 7. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Tohum Verimine Etkisi

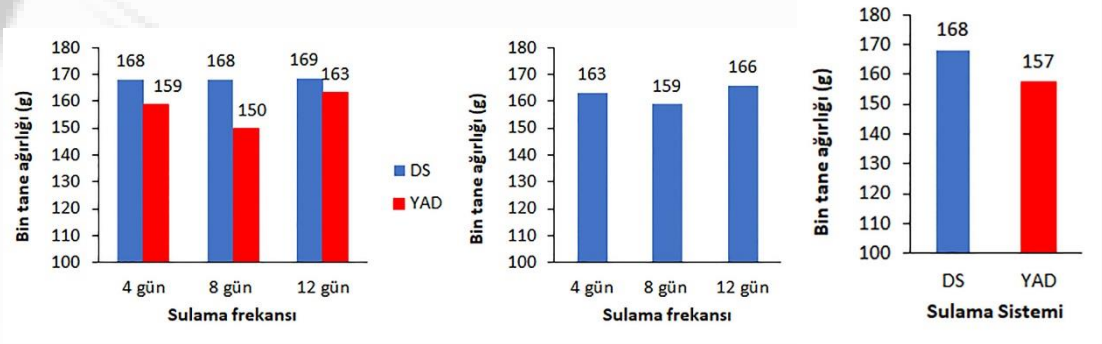


2013 ve 2015 yıllarında sırt-karık yağmur suyu hasadı tekniği ile yarı kurak Develi şartlarında yapılan bir çalışmada, 2013 yılında en yüksek tohum verimi 1 m ve 1.2 m bitki sıra arası konular için sırasıyla 202 kg/ha ve 208 kg/ha, en düşük tohum verimi ise kontrol konusundan 55 kg/ha olarak elde edilmiş. 2015 yılında ise 1 m bitki sıra arasına sahip konudan 660 kg/ha ile en yüksek, 0.8 m bitki sıra arasına sahip konudan 397 kg/ha ile en düşük verim elde etmişlerdir (Ünlükara vd, 2021). Ancak Ghanbari vd. (2007) 7, 14 ve 21 gün sulama aralığında çerezlik kabaktan 170.1, 83 ve 48.1 kg/da tohum verimi almışlardır.

3.4 Bin tane ağırlığı

Denemede ortalama 162.8 g olan bin tane ağırlığı 150-169 g arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 8). Bin tane ağırlığındaki bu değişkenlik üzerine sulama frekanslarının ve sulama sistemlerinin etkisi önemli bulunmamıştır. Farklı sulama frekanslarına göre bin tanen ağırlığı 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla163, 159 ve 166 g, damla sulama sisteminde 168 g ve yüzey altı damla sulama sisteminde 157 g saptanmıştır.

Şekil 8. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Bin Tane Ağırlığına Etkisi



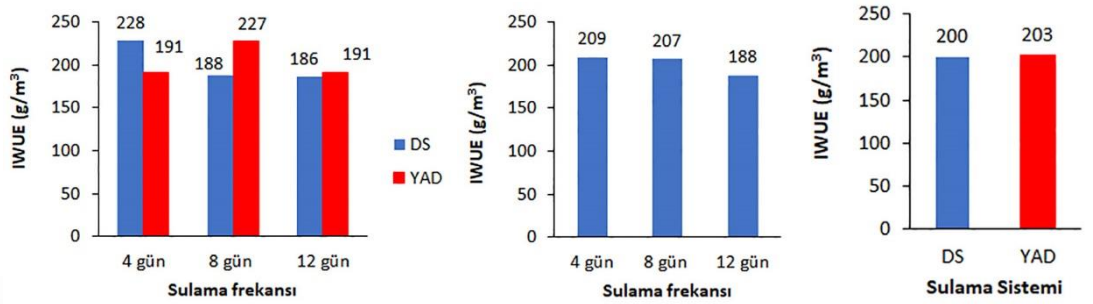
2013 ve 2015 yıllarında yağmur suyu hasadı tekniği ile yarı kurak koşullarda çerezlik kabak üretiminin gerçekleştiği bir çalışmada, farklı sıra aralıklarının uygulandığı konulara göre bin tane ağırlıkları; 2013 yılında en yüksek bin tane ağırlığı 1.2 m bitki sıra aralarına sahip konudan 210 g ve en düşük ise kontrol olarak dikkate alınan geleneksel tarım konusundan 156 g saptanmıştır. Denemenin 2.yılında yılında sırt-karık yağmur suyu tekniğinde 1.2 m bitki sırası konusunda 264 g, 0.8 m bitki sırası konusundan 190 g olarak belirlenmiştir (Ünlükara vd.,2021). Amer (2011) tarafından yapılan çok yıllık çalışmada karık ve damla sulamayla sulanan kabaklarda bin tane ağırlığı sırayla 123 g ve 137 g elde edildiği bildirilmiştir.

3.3.5. Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE)

Denemede 1 m^3 sulama suyuna karşılık ortalama 202 g tohum üretimi gerçekleşmiştir. Ortalama IWUE 186-228 g arasında değişkenlik sergilemiştir (Şekil 8). IWUE'nin bu değişkenliği üzerine sulama frekanslarının ve sulama sistemlerinin etkisi önemli bulunmamıştır. Farklı sulama

frekanslarına göre IWUE 4, 8 ve 12 günlük sulamalar için sırasıyla 209, 207 ve 188 g, damla sulama sisteminde 200 g ve yüzey altı damla sulama sisteminde 203 g saptanmıştır.

Şekil 9. Farklı Damla Sulama Sistemi ve Sulama Frekanslarının Çerezlik Kabak Sulama Suyu Kullanımına Etkisi



Ürgüp Sivrisi popülasyonu ile Konya' da yapılan bir çalışmada, sulama yapılmayan konu haricinde sulama suyu kullanım etkinliği değerleri 1.yıl yılında 0.24-0.44 arasında, 2.yıl ise 0.24-0.29 arasında değiştiği saptanmıştır. Denemenin 1.yılında sulama suyu kullanım etkinliği önemli derecede yüksek bulunmuştur (Seymen vd, 2016).

4. Sonuç ve Öneriler

Su tutma kapasitesi yüksek topraklarda sık sulamanın bitki verimine ve tohum kalitesine olumlu bir etkisi olmamıştır. Bu nedenle su tutma kapasitesi düşük kumlu topraklar dışında sık sulama uygulamaları sulama işçiliğini ve su tüketimini artırdığı gibi bitki hastalıklarını teşvik etmekte ve zaman kaybına yol açmaktadır.

Sulama yönetimi için toprakların su tutma özellikleri saptanmalı, bitki çeşidine, bitki gelişimine ve iklim koşullarına göre uygun sulama frekansları kullanılmalıdır.

Yüzey altı damla sulamada beklenilen faydanın sağlanabilmesi için toprak altı boru şebekesinin toprak işlemesini engellemeyecği derinliğe yerleştirilmesi önerilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından Yüksek Lisans Tez Projesi olarak FYL-2021-11117 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

AL-OMRAN, A.M., SHETA, A.S., FLATAH, A.M., AL-HARBİ, A.R., 2005. Effect of drip irrigation on squash (*Cucurbita pepo*) yield and water-use efficiency in sandy calcareous amended with clay deposits. 73: 43-55.

AMER, K.H., 2011. Effect of irrigation method and quantity on squash yield and quality. Agricultural Water Management, 98: 1197-1206.

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M., 1998. Crop Evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Rome, 300 pp.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W., 1989. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rome.

ÇAKIR, R., 1996. Trakya Koşullarında Yetiştirilen Çekirdeklik Kabağın Su Tüketimi. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1995, Ankara, 281-296.

GHANBARI, A., NADJAFI, F., SHABAHANG, J., 2007. Effects of irrigation regimes and row arrangement on yield, yield compenents and seed quality of pumpkin (Cucurbita pepo L.). Asian Journal of Plant Sciences, 6 (7): 1072-1079.

HESS M., BİLL M., JASON S., JOHN S., 1997. Oregon State University Western Oregon Squash Irrigation Guide, vol. 541. Department of Bioresource Engineering, Corvallis, OR, pp. 737-6304.

HOWELL T.A., CUENCA R.H., SOLOMON K.H., 1992. Crop Yield Response. In: Hoffman G.J., Howell T.A., Solomon K.H. (eds), Management of Farm Irrigation Systems. The American Society of Agricultural Engineers. 93-124 pp.

IBRAHIM, E., A., SELIM, E., M., 2007. Effects of irrigation intervals and nitrogen fertilizer rates on summer squash (*Cucurbita pepo* L.) growth, yield, nutritional status and water use efficiency. Journal of Plant Production, 32 (12): 10333-10345.

KIRNAK, H., ÜNLÜKARA, A., İRİK, H.A., YETİŞİR, H., 2016. Water-yield relationship on pumpkin, International conference on natural science and engineering. Kilis 7 Aralık Üniversitesi 833-842 pp 19-20 March 2016, Kilis.

MGM, 2022. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KAYSERI, Erişim Tarihi: 22.12.2022

PAKSOY M, AYDİN C., 2004. Some physical properties of edible squash (*Cucurbita pepo L.*) seeds. Journal of Food Engineering, 65: 225-231.

RICHARD M., JOSE A., MARK G., KEITH M., 2002. Spring Squash Production in California. Vegetable Research and Information Center, Vegetable Reproduction Series, California, Publication 7245.

SEYMEN, M., YAVUZ, D., YAVUZ, N., TÜRKMEN, Ö., 2016. Effect on Yield and Yield Compenents of Different Irrigation Levels in Edible Seed Pumpkin Growing. International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering, 10 (5): 275-278.

SUNULU S., YAĞCIOĞLU M., 2014. Kayseri Çerezlik Kabak Raporu. Çerezlik Kabak Çalıştayı, 26-24 Kasım, Kayseri. 69-80.

ÜNLÜKARA, A., 2014. Kabak Su İlişkileri ve Sulama Stratejisi. Çerezlik Kabak Çalıştayı, 26-24 Kasım, Kayseri. 69-80.

ÜNLÜKARA, A., BAHÇIVAN, M., YILDIZ, D., ERTAŞ D., 2019. Çerezlik Kabakta Yaprak Görsel Turgor Kaybına Bağlı Sulama Zamanlaması. International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference 24-27 Nisan 2019. Erciyes Üniversitesi, Kayseri. 599-608.

ÜNLÜKARA, A., BAKIR R., 2018. Birinci ve İkinci Ürün Çerezlik Kabağın (*Cucurbita pepo* L.) Su Kullanımı ve Veriminin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, I. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı: 309-318.

ÜNLÜKARA, A., 2014. Referans Evapotranspirasyon Hesaplamalarında Solar Radyasyon Yoğunluğu ve Nispi Güneşlenme Verilerinin Kullanımı. 12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs Tekirdağ, 84-89.

YANMAZ R., 2014. Türkiye'nin çerezlik kabak potansiyeli, Çerezlik Kabak Çalıştayı, İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 26-27 Kasım, Kayseri.

YANMAZ R. , DÜZELTİR B., 2003. Çekirdek Kabak Yetiştiriciliği. Türk-Koop. Ekin, Tarım Kredi Kooperatifi Merkezi Bilgi Yayınları; 26: 22-24.

YAVUZ D., SEYMEN M., YAVUZ N., TÜRKMEN Ö., 2015. Effects of irrigation interval and quantity of the yield and quality of confectionary pumpkin grown under field conditions. Agricultural Water Management (159): 290-298.

YILDIRIM O., 2013. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1594, Ders Kitabı: 546, Ankara.

Presentation ID / Sunum No: 132

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-5006-3227

Farklı Doğal Yumuşatıcılar İle Kumaşa Yumuşak Tuşe Kazandırma Etkisinin İncelenmesi

Eylen Sema Dalbaşı[1], Gonca Özçelik Kayseri[2], Nihal Fidan[3], Yağmur Halıcıoğlu[4], Uğurcan Ural[5]

[1]Doç.Dr., Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü
[2] Doç.Dr., Ege Üniversitesi, Emel Akın Meslek Yüksekokulu, Tekstil Bilimleri ve Mühendisliği
[3]Akar Tekstil Ar-Ge Müdürü, Ege Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü
[4]Akar Tekstil Ar-Ge Müdür Yrd., Uşak Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü
[5]Akar Tekstil Arge Süreç ve Metot Geliştirme Uzmanı, Tekstil Mühendisliği Bölümü

*Corresponding author: Uğurcan Ural

Özet: *Bu projede amaç, pamuklu örme kumaşlara farklı tipte doğal yumuşatıcılar aktararak bu yumuşatıcıların kumaşlara yumuşak tuşe kazandırma etkisini araştırmaktır. Bu amaçla, 4 farklı doğal yumuşatıcı emdirme yöntemine göre kumaşlara aktarılmıştır. Aplikasyonlardan önce ve sonra kumaşların bazı tutum ve fiziksel testler yapılmıştır. Yapılan testler şunlardır: Shirley Sertlik Ölçeri'nde eğilme dayanımı, dairesel eğilme dayanımı, kinetik sürtünme katsayısı, yüzey pürüzlülüğü, dökümlülük katsayısı, renk farkı, kalınlık, yıkama ve sürtme haslıkları. Proje sonunda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Pamuklu Örme Kumaş, Doğal Yumuşatıcı, Tuşe Testleri, Fiziksel Testler*

Investigation of the Effect of Different Natural Softeners to Give Soft Touch to Fabric

Abstract*: The aim of this project is to applied different types of natural softeners to cotton knitted fabrics and to investigate the effect of these softeners to give soft touch to fabrics. For this purpose, 4 different natural softeners were applied to the fabrics according to the impregnation method. After and before the applications, some handle and physical tests of the fabrics were made. The tests performed are as follows: bending rigidity in the Shirley Hardness Tester, circular bending rigidity, kinetic friction coefficient, surface roughness, draping coefficient, colour difference, thickness, and washing and rubbing fastness. The results obtained at the end of the project were evaluated.*

Keywords: *Cotton Knitted Fabric, Natural Softener, Handle Tests, Physical Tests*

GİRİŞ

Yumuşak tuşe, bir giyside albeni yaratan ve ürün pazarlanmasında etkili özelliklerden biridir. Terbiye işletmesinde son proses olarak yapılan kimyasal bitim işlemleriyle kumaşlara yumuşatıcı aktarımı yapılmaktadır. Yumuşatıcı kullanımı; kumaşa ve giysilere yumuşaklık, pürüzsüzlük, kayganlık, dolgunluk, esneklik ve dikilebilirlik gibi birtakım olumlu özellikler kazandırmaktadır (Hemen vd., 2020; Çoban, 1999; Özbarutcu, 2019).

Lanolin, yüksek moleküler ağırlıklı alkoller ve yağ asitlerinin esterleri ve poliesterlerinin karışımından oluşur (Zakaria El-Sayed vd., 2018). Badem yağında, lipidlerin %95'inden fazlasını oluşturan beş yağ asidi (oleik, linoleik, palmitik, palmitoleik ve stearik) bulunmaktadır (Nizamoğlu, 2015). Lavanta çiçeklerinde buhar distilasyonu ile elde edilen uçucu yağ içeriği %1-3 arasında değişmektedir (Nadalin vd., 2014). Ceviz çekirdeğinden elde edilen ceviz yağı ise, oleik asit ve

yüksek miktarda doymamış yağ asitlerinin bulunduğu trigliseritlerden oluşmaktadır (Jokić vd., 2014; Dusek vd., 2017).

Tekstilde kullanılan yumuşatıcılar; katyonik, noniyonik, anyonik ve silikonlu yumuşatıcılardır. Bu çalışmada, tekstilde sürdürebilirlik kapsamında doğal maddelerden elde edilen doğal yumuşatıcılar kullanılarak, bunların kumaşa yumuşak tuşe kazandırma etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, farklı doğal yağlardan elde edilen yumuşatıcı maddeler emdirme yöntemiyle pamuklu örme kumaşlara aktarılmış ve aplikasyonlardan sonra kumaşların bazı tutum özellikleri ve renk farkı ölçülmüştür.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Denemelerde kullanılan antrasit renginde (144 g/m^2) % 100 pamuklu örme kumaş, Akar Tekstil Firması'ndan temin edilmiştir. Antrasit kumaş haricinde bej kumaş ve haki renkli organik kumaşlarla da denemeler yapılmıştır. Bu denemeler, belirlenen optimum reçeteler olan 7, 10 ve 14 numaralı reçetelerin uygulandığı denemelerdir (Tablo 1 ve Tablo 2). Denemelerde kullanılan doğal yağlar; lanolin, badem yağı, lavanta ve ceviz yağıdır.

Metot

Antrasit rengindeki boyalı kumaşlara 4 farklı doğal yumuşatıcı ile emdirme aplikasyonları yapılmıştır. Çözeltiler hazırlandıktan sonra 5 dk mikserle karıştırılmıştır. Sadece lanolin çözeltisi 60°C'deki sıcak suyla hazırlanmıştır. Diğer yumuşatıcı çözeltileri soğuk suyla hazırlanmıştır. Her bir yumuşatıcı+emülgatör maddesi ile hazırlanan çözeltiler kumaşlara, A_F %80 olacak şekilde Ernst Benz marka laboratuvar tipi dikey fulard cihazında emdirme yöntemi (P:6) ile aplike edilmiştir. Emdirme işlemi tamamlanan kumaşlara, ATAÇ GK-40 marka laboratuvar tipi ramözde kurutma işlemi yapılmıştır. Tablo 1 ve 2'de, yumuşak tuşe kazandırma işlemlerinde kullanılan maddelere, işlem şartlarına ve reçetelere ait bilgiler verilmiştir.

Tablo 1. Yumuşatma işlemlerinde kullanılan maddeler ve reçeteler

Madde adı	Reçete	Kod
Lanolin	% 5 Lanolin % 3 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (A_F: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	1
Badem yağı	% 5 Badem yağı % 3 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (A_F: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	2
Lavanta	% 5 Lavanta % 3 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (A_F: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	3
Ceviz yağı	% 5 Ceviz yağı % 3 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (A_F: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	4
Lanolin	% 10 Lanolin % 6 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (AF: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	5
Badem yağı	% 10 Badem yağı % 6 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (AF: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	6
Lavanta	% 10 Lavanta % 6 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (AF: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	7
Ceviz yağı	% 10 Ceviz yağı % 6 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (AF: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	8

Yapılan ilk denemelerde, yüksek ısıda dahi çözünmesi zor olduğu için ve kumaş üzerinde uniform bir dağılım göstermediği için lanolinin kullanımından vazgeçilmiştir. Çalışmada elde edilen ilk sonuçlar incelendiğinde**; %10 Lavanta, %5 Lavanta+%5 Ceviz yağı ve %2,5 Badem yağı+%5 Lavanta+%2,5 Ceviz yağı** karışımlarının aktarıldığı numunelerin hem en yumuşak tuşeye sahip

olduğu hem de renk farkının 1,5'un altında kaldığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla, tespit edilen bu optimum reçeteler kullanılarak bej ve doğal boyarmaddelerle boyanmış haki renkte kumaşlarla da farklı denemeler yapılmıştır.

Tablo 2. İkili ve üçlü kombinasyonlara ait işlem şartları ve reçeteler

	Madde adı	Reçete	Kod
İKİLİ KOMBİNASYONLAR	**Badem yağı/Lavanta**	% 5 Badem yağı % 5 Lavanta % 3 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (AF: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	9
	Lavanta/Ceviz yağı	% 5 Lavanta % 5 Ceviz yağı % 3 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (AF: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	10
	Badem yağı/Ceviz yağı	% 5 Badem yağı % 5 Ceviz yağı % 3 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (AF: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	11
ÜÇLÜ KOMBİNASYONLAR	**Badem yağı/Lavanta/Ceviz yağı**	% 5 Badem yağı % 2,5 Lavanta % 2,5 Ceviz yağı % 3 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (AF: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	12
		% 2,5 Badem yağı % 2,5 Lavanta % 5 Ceviz yağı % 3 Emülgatör, pH: Emdirme (AF: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	13
		% 2,5 Badem yağı % 5 Lavanta % 2,5 Ceviz yağı % 3 Emülgatör, pH: 7 Emdirme (AF: %80) → Kurutma (80°C-3 dk)	14

Testler

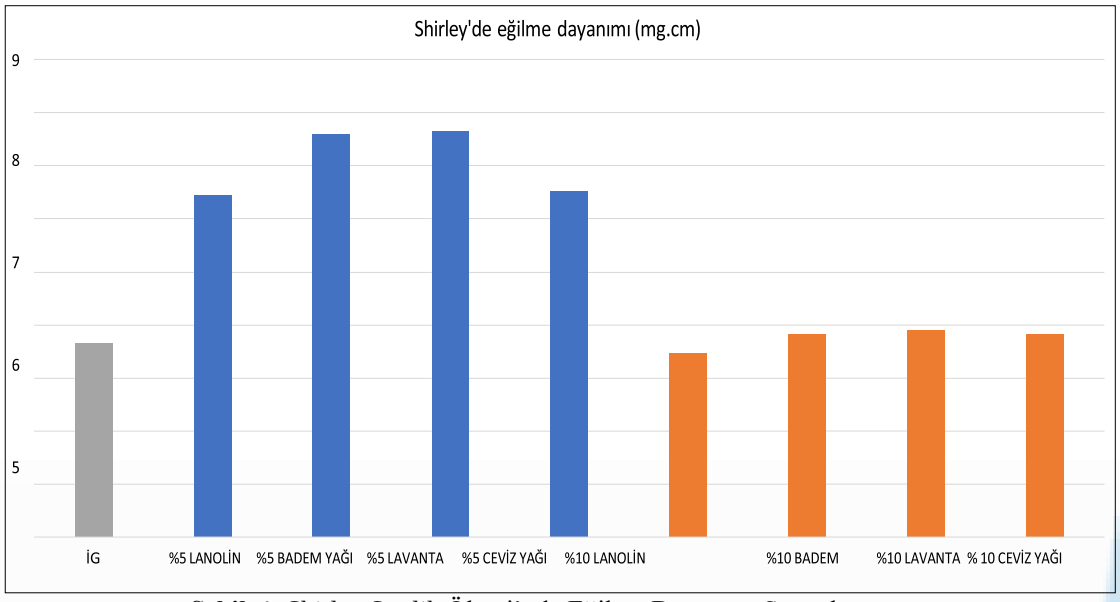
Testlerden önde tüm kumaşlar, 20±2 °C sıcaklık ve %65±4 bağıl nem değerlerine uygun olarak standart atmosfer şartlarında laboratuvarda kondüsyonlanmıştır. Tüm kumaşların eğilme dayanımı, TS EN 1409 standardına göre Shirley Sertlik Ölçeri'nde ölçülmüştür (TS EN 1409 standardı, 1973). Yüzey pürüzlülük testi, JIS B 0601 standardına göre Mitutuyo SJ 310 marka yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazında yapılmıştır (JIS B 0601 standardı, 2001). Kumaşlarda dökümlülük tayini, TS EN ISO 9693 standardına göre yapılmıştır (TS EN ISO 9693 standardı, 1991). HunterlabUltraScan PRO marka spektrofotometrede, işlem görmemiş kumaş referans olarak alınarak kumaşların ΔE değerleri ölçülmüştür.

BULGULAR ve TARTIŞMA

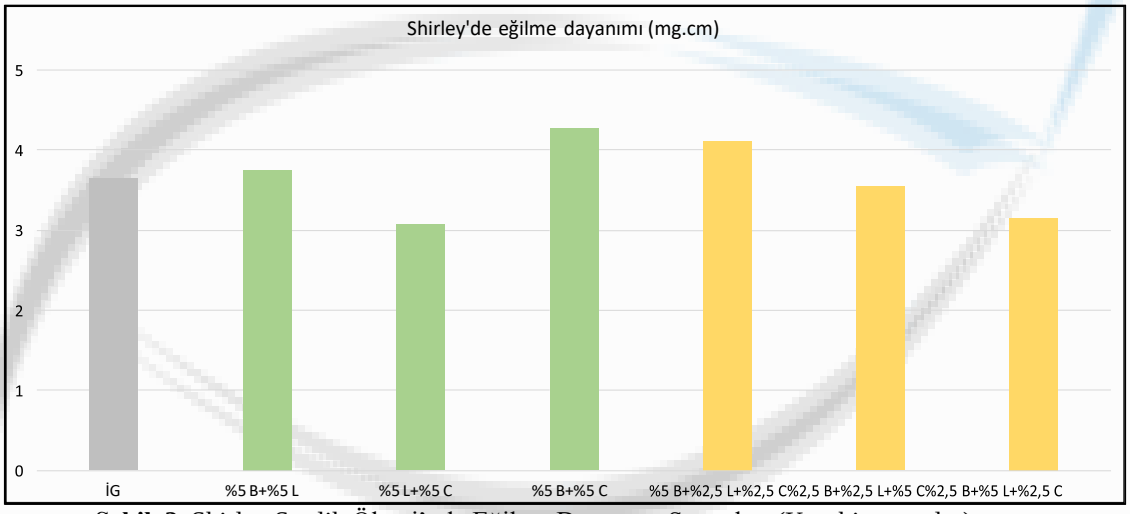
Eğilme Dayanımına Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

Şekil 1 ve 2'de antrasit kumaşın eğilme dayanımı sonuçları verilmektedir.

Şekil 1'deki eğilme dayanımı sonuçları incelendiğinde; %5 madde konsantrasyonunda işlem gören kumaşların eğilme dayanımı değerlerinin, işlemsiz ve %10 madde konsantrasyonunda işlem gören kumaşların eğilme dayanımlarından daha yüksek çıktığı görülmüştür. Madde konsantrasyonu arttıkça eğilme dayanımları azalmış olup, bu kumaşlar diğer kumaşlara göre daha yumuşak tuşeye sahip olmuştur. Bu kumaşlar arasında en düşük eğilme dayanımlarına sahip kumaşlar, %10'luk lanolin ve badem yağı aktarılan kumaşlardır. Eğilme dayanımları en düşükten yükseğe doğru şu şekilde sıralanmaktadır: %10 Lanolin< %10 Badem Yağı< %10 Ceviz Yağı< %10 Lavanta



Şekil 1. Shirley Sertlik Ölçeri'nde Eğilme Dayanımı Sonuçları

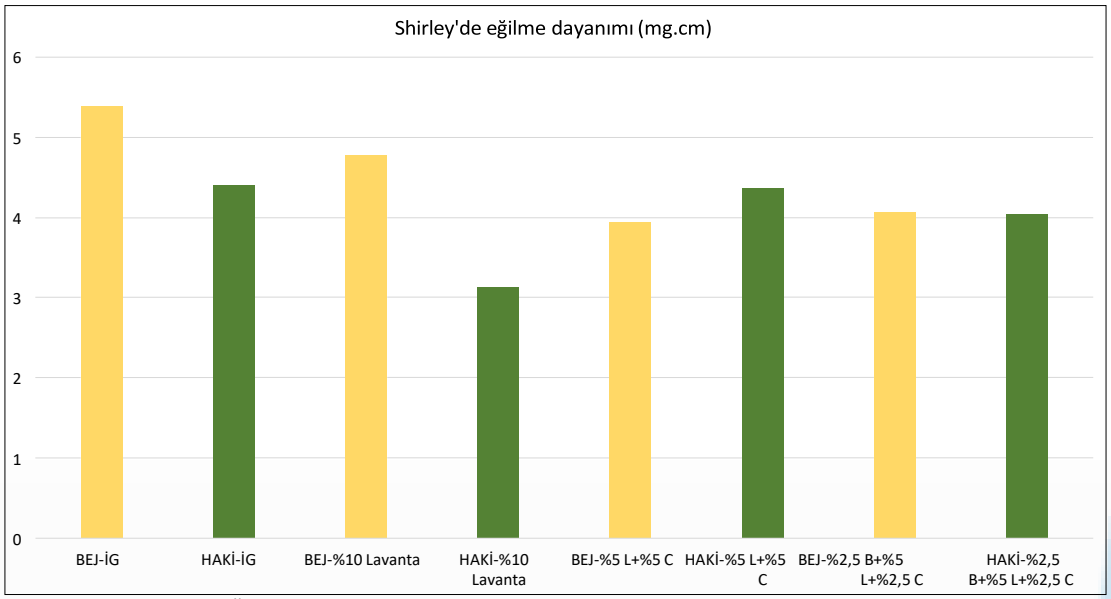


Şekil 2. Shirley Sertlik Ölçeri'nde Eğilme Dayanımı Sonuçları (Kombinasyonlar)

Şekil 2'deki eğilme dayanımı sonuçları incelendiğinde; %5 Lavanta+%5 Ceviz yağı ve

%2,5 Badem yağı+%5 Lavanta+%2,5 Ceviz yağı karışımıyla işlem gören kumaşların eğilme dayanımı değerlerinin, işlemsiz ve diğer işlem gören kumaşların eğilme dayanımlarından daha düşük çıktığı görülmüştür. Dolayısıyla bu kumaşlar, diğer kumaşlara göre daha yumuşak tuşeye sahiptir. Eğilme dayanımı en yüksek ve aynı zamanda diğer kumaşlara göre en sert tuşeye sahip kumaş ise, %5 Badem yağı+%5 Ceviz yağı karışımı aktarılan kumaştır.

Şekil 3'te, optimum reçetelerin uygulandığı bej ve haki kumaşların eğilme dayanımı sonuçları verilmektedir.

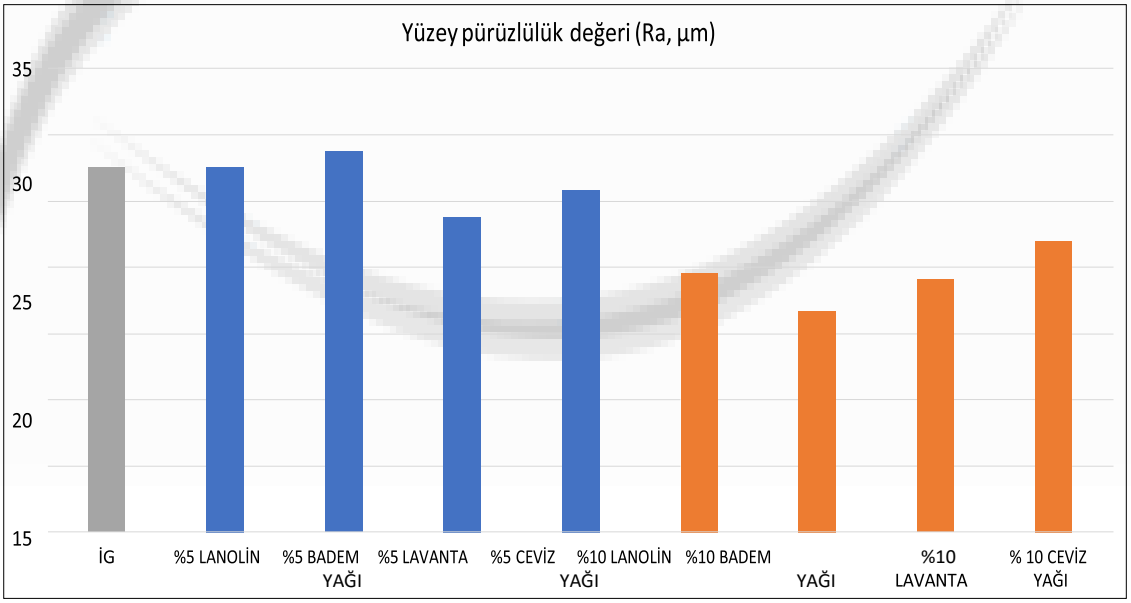


Şekil 3. Shirley Sertlik Ölçeri'nde Bej ve Haki Kumaşların Eğilme Dayanımı Sonuçları

Şekil 3'teki eğilme dayanımı sonuçları incelendiğinde; %10 Lavanta ile işlem gören haki kumaşın eğilme dayanımı değerlerinin, işlemsiz ve diğer işlem gören kumaşların eğilme dayanımlarından daha düşük çıktığı görülmüştür. Dolayısıyla bu kumaş, diğer kumaşlara göre daha yumuşak tuşeye sahiptir.

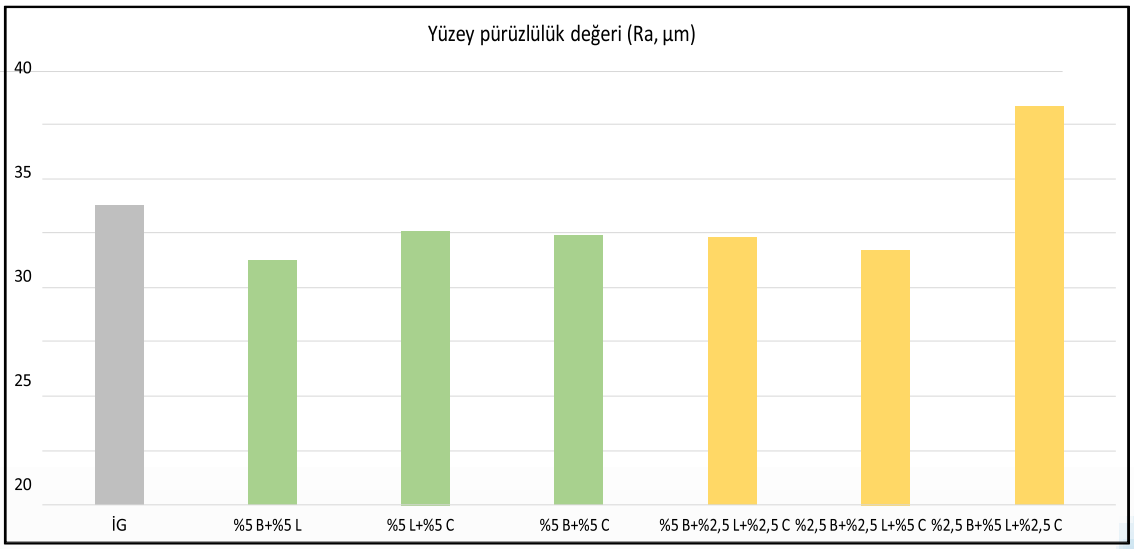
Yüzey Pürüzlülüğüne Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

Şekil 4 ve 5'de antrasit kumaşın yüzey pürüzlülüğünü sonuçları verilmektedir.



Şekil 4. Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları

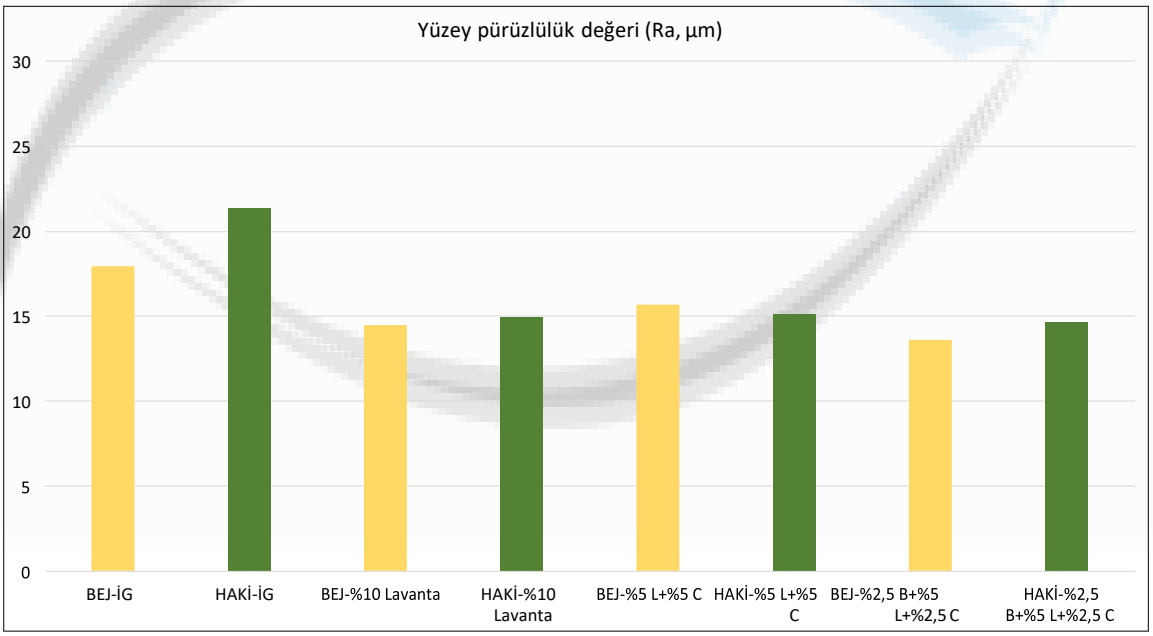
Şekil 4'deki yüzey pürüzlülüğü değerleri incelendiğinde; işlemsiz kumaşın yüzeypürüzlülüğü değerleri diğer kumaşlarınkinden daha yüksek çıkmıştır. %10 badem yağı, %10 lavanta ve %10 lanolin aktarılan kumaşların yüzey pürüzlülüğü değerleri diğer kumaşlarınkinden daha düşük çıkmıştır. Dolayısıyla, bu kumaşlar daha pürüzsüz kumaş yüzeyine sahiptir. Madde konsantrasyonu arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerleri azalmıştır.



Şekil 5. Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları (Kombinasyonlar)

Şekil 5'deki yüzey pürüzlülüğü değerleri incelendiğinde; işlemsiz ve %2,5 Badem yağı+%5 Lavanta+%2,5 Ceviz yağı aktarılan kumaşların yüzey pürüzlülüğü değerleri diğer kumaşlarınkinden daha yüksek çıkmıştır. En düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip kumaş, %5 Badem yağı+%5 Lavanta aktarılan kumaştır.

Şekil 6'da, optimum reçetelerin uygulandığı bej ve haki kumaşların yüzey pürüzlülüğü sonuçları verilmektedir.

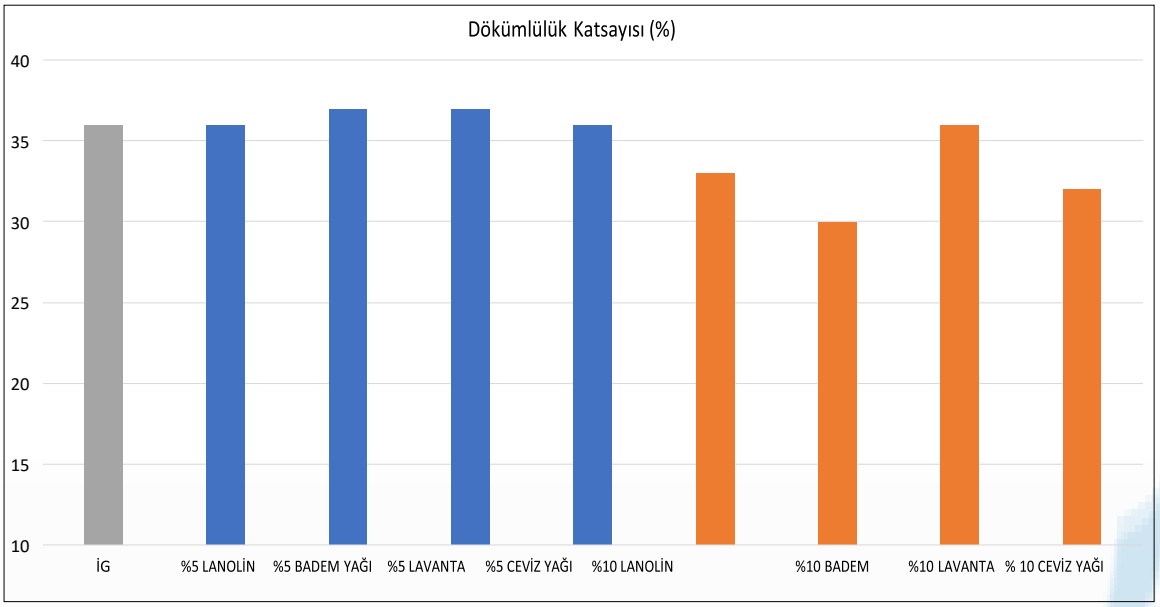


Şekil 6. Bej ve Haki Kumaşların Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları

Şekil 6'daki yüzey pürüzlülüğü değerleri incelendiğinde; tüm işlem gören kumaşların yüzey pürüzlülük değerleri işlemsiz kumaşlarınkinden daha düşük çıkmıştır. En düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip kumaş, %10 Lavanta ve %2,5 Badem yağı+%5 Lavanta+%2,5 Ceviz yağı karışımı aktarılan bej kumaştır.

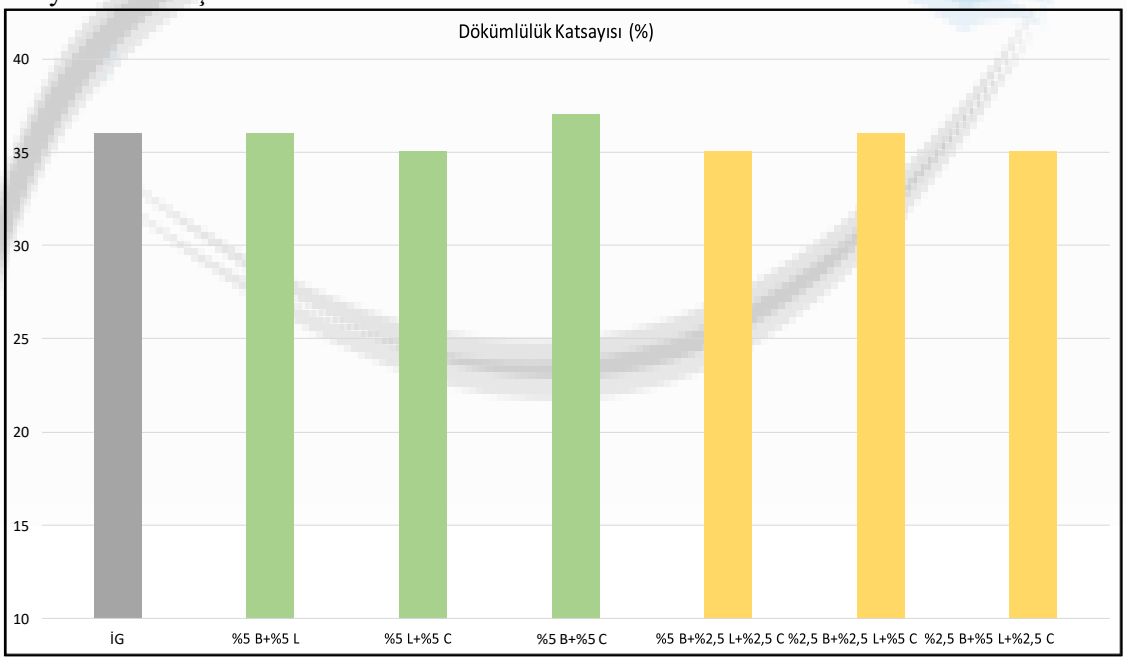
Dökümlülük Katsayısına Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

Şekil 7 ve 8'de, antrasit kumaşın dökümlülük katsayısı sonuçları verilmektedir.



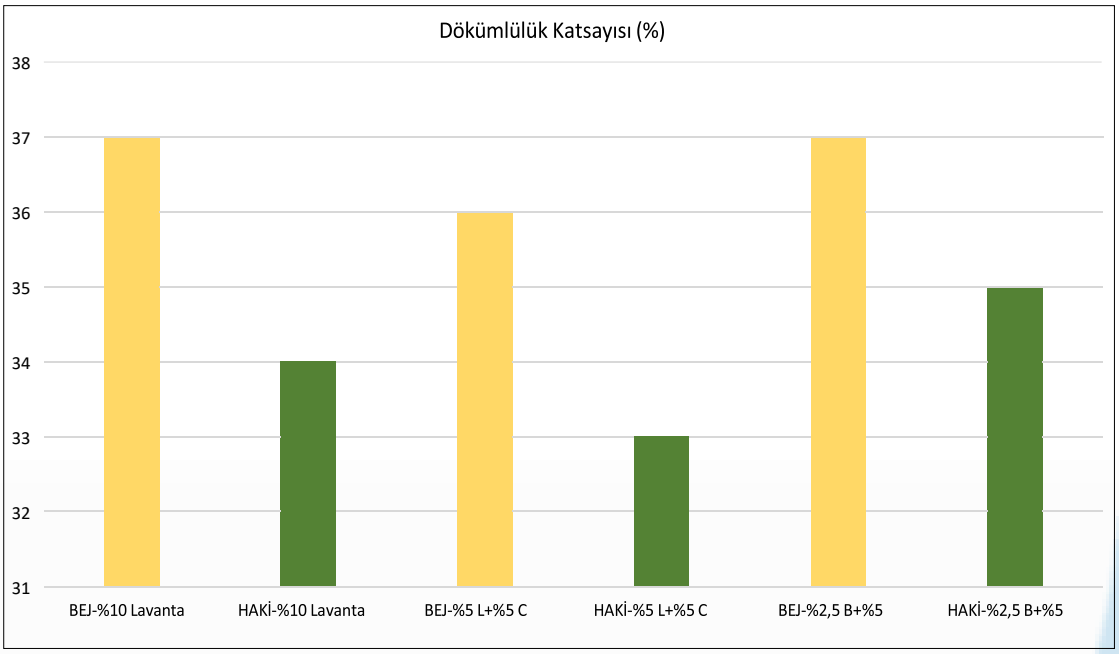
Şekil 7. Dökümlülük Katsayısına Sonuçları

Şekil 7'deki dökümlülük katsayıları incelendiğinde; işlemsiz kumaşın ve %5 madde aktarılan işlem gören kumaşların dökümlülük katsayıları diğer kumaşlarınkinden daha yüksek çıktığı görülmektedir. En düşük dökümlülük katsayısına sahip kumaş, %10 badem yağı aktarılankumaştır. Dolayısıyla, bu kumaş en yumuşak tuşeye sahiptir. Madde konsantrasyonu arttıkça dökümlülük katsayıları azalmıştır.



Şekil 8. Dökümlülük Katsayısına Sonuçları (Kombinasyonlar)

Şekil 8'deki dökümlülük katsayıları incelendiğinde; %5 Lavanta+%5 Ceviz yağı, %5 Badem yağı+%2,5 Lavanta+%2,5 Ceviz yağı ve %2,5 Badem yağı+%5 Lavanta+%2,5 Ceviz yağı aktarılan kumaşların dökümlülük katsayıları diğer kumaşlarınkinden daha düşük çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla, bu kumaşlar en yumuşak tuşeye sahiptir.
Şekil 9'da, optimum reçetelerin uygulandığı bej ve haki kumaşların dökümlülük katsayısı sonuçları verilmektedir.

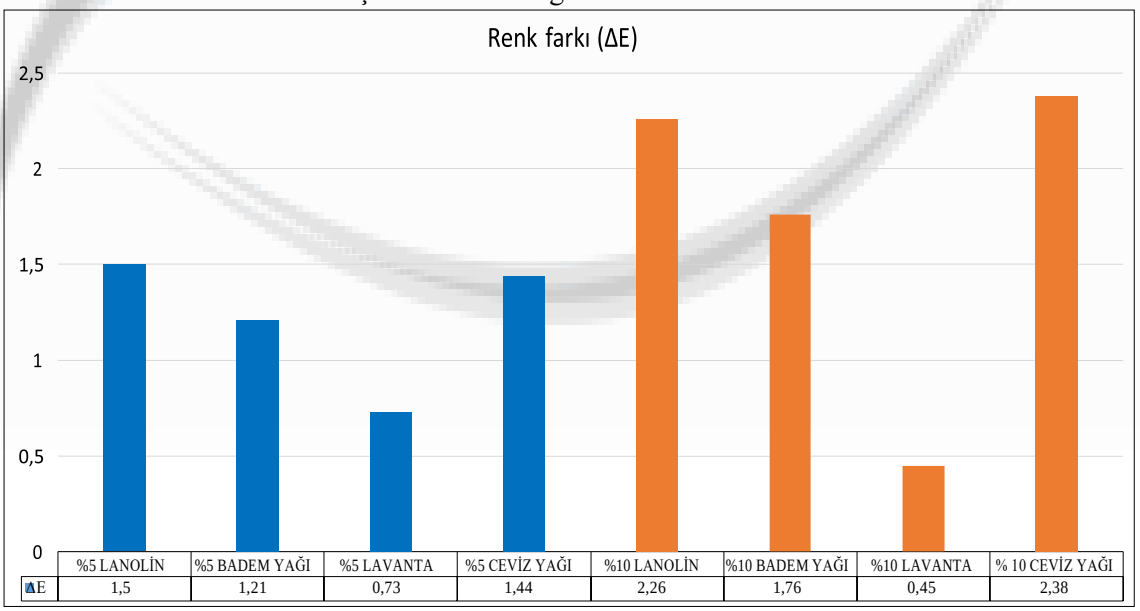


Şekil 9. Bej ve Haki Kumaşların Dökümlülük Katsayısına Sonuçları (Kombinasyonlar)

Şekil 9'daki dökümlülük katsayıları incelendiğinde; en düşük dökümlülük katsayısına sahip kumaş, %5 Lavanta+%5 Ceviz yağı aktarılan haki kumaştır. Dolayısıyla, bu kumaş en yumuşak tuşeye sahiptir.

Renk Farkına Ait Sonuçların Değerlendirilmesi

Şekil 10 ve 11'de antrasit kumaşın renk farkı değerleri verilmektedir.

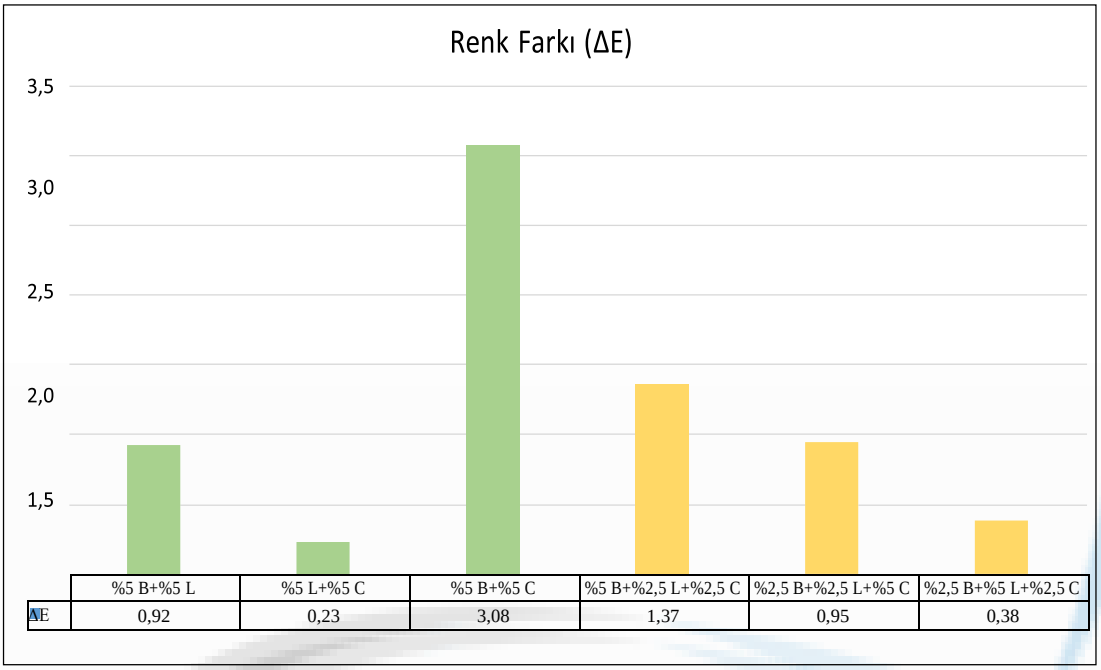


	%5 LANOLİN	%5 BADEM YAĞI	%5 LAVANTA	%5 CEVİZ YAĞI	%10 LANOLİN	%10 BADEM YAĞI	%10 LAVANTA	% 10 CEVİZ YAĞI
ΔE	1,5	1,21	0,73	1,44	2,26	1,76	0,45	2,38

Şekil 10. Renk farkı (ΔE) değerleri

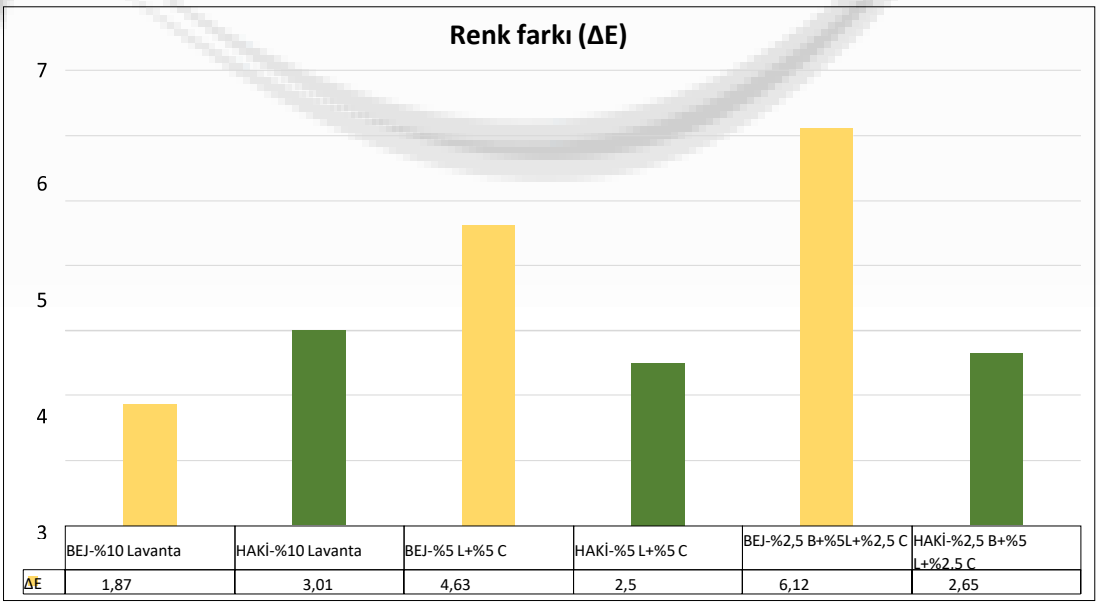
Şekil 10'daki işlemsiz kumaş referans alınarak ölçülen renk farkı değerleri incelendiğinde; %5 ve % 10 lavanta aktarılan işlem gören kumaşların ΔE değerleri 1'in altında olup, diğer kumaşlarınkinden daha düşük çıkmıştır. Lavanta aktarılan kumaşların renk tonundave nüansında çok fazla bir sapma olmadığı gibi lavantanın kumaşa güzel koku vermesiyle birlikte kullanımının avantaj sağladığı düşünülmektedir. Madde konsantrasyonu arttıkça ΔE değerleri artmıştır. Renkteki en büyük değişime yol açan yağın ceviz yağı olduğu tespitedilmiştir. İkili ve üçlü doğal yumuşatıcılardan oluşan kombinasyonların kumaşlara

aktarıldıktan sonra işlemsiz kumaş referans alınarak ölçülen renk farkı değerleri Şekil 11'de verilmektedir.



Şekil 11. Renk farkı (ΔE) değerleri (Kombinasyonlar)

%5 Badem yağı+%5 Ceviz yağı karışımının aktarıldığı kumaş haricinde, diğer tüm kumaşların ΔE değerleri 1,5'un altında çıkmıştır. Bu sonuç da ikili ve üçlü kombinasyonlarla yumuşatıcı aktarımının renk farkını artırmadığını göstermektedir.
Şekil 12'de, optimum reçetelerin uygulandığı bej ve haki kumaşların renk farkı değerleri verilmektedir.



Şekil 12. Bej ve Haki Kumaşların Renk farkı (ΔE) değerleri

Şekil 12'de, bej ve haki kumaşların renk farkı değerleri incelendiğinde en düşük renk farkının % 10 lavanta yağının aktarıldığı bej kumaş olduğu görülmüştür.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, tekstilde sürdürebilirlik kapsamında doğal maddelerden elde edilen doğal yumuşatıcıların, kumaşa yumuşak tuşe kazandırma etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmanın sonunda, elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

Shirley sertlik ölçerinde ölçülen eğilme dayanımı sonuçlarına göre %5 Lavanta+%5 Ceviz yağı kombinasyonu ve %10 Lavanta çözeltisi ile işlem gören kumaşların eğilme dayanımıen düşük çıkmış olup eğilme dayanımı testi açısından en yumuşak tuşe sağlayan yumuşatıcılar bunlardır. En düşük yüzey pürüzlülüğü, %10 Lavanta ve %2,5 Badem yağı+%5 Lavanta+%2,5 Ceviz yağı karışımı aktarılan kumaşlarda elde edilmiştir. Dökümlülük katsayıları incelendiğinde; en düşük dökümlülük katsayısına sahip kumaş, %10 Badem yağı ve %5Lavanta+%5 Ceviz yağı kombinasyonu aktarılan kumaşlardır. Dolayısıyla, dökümlülük testi açısından bu kumaşlar en yumuşak tuşeye sahiptir. %5 ve % 10 Lavanta çözeltileri aktarılan kumaşların ΔE değerleri 1'in altında çıkmıştır. Doğal yumuşatıcıların en büyük dezavantajı kumaş renginde önemli bir farklılık oluşturmalarıdır. Dolayısıyla renk farklılıkları ve kumaş tuşesi ile ilgili objektif ölçümlerle elde edilen tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; **lavanta yağının** hem yeterli yumuşatma özelliği sağlaması ve renk farkının çok az olması, hemde kumaşlarda kalıcı bir koku etkisi yaratması nedeniyle kullanımının en uygun doğal yumuşatıcı olduğu belirlenmiştir.

REFERANSLAR

Hemen C, Polat Ö, Yıldız C., Akkoyun O. (2020). "Tekstil Materyallerinde Aroma Hijyen Teknolojisi Kullanılarak Ter Kokusunu Önlemek Amacıyla Hazırlanan Konsantre Yumuşatıcı Performansının Değerlendirilmesi", Tekstil ve Mühendis, 49-50.

Çoban, S. (1999). Genel Tekstil Terbiyesi ve Bitim İşlemleri, 1. baskı, Ege Üniversitesi Tekstilve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını, İzmir, Türkiye.

Özbarutcu B. (2019). Farklı Tip Yumuşatıcıların Pamuk, Viskon ve Poliester Örme Kumaşlar Üzerinde Etkilerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Zakaria El-Sayed H.E.D., Mowafi S., El-Kheir A., El-Khatib E.M. (2018). "A Comprehensive Critique On Wool Grease Extraction", Properties and Applications, Egyptian Journal of Chemistry, 61(6), 1151-1159.

Nizamoğlu N.M. (2015). Kavurma ve Depolama Koşullarının Bademin Bazı Fiziksel, Kimyasalve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, s.17-18.

Nađalin V., Lepojević Ž., Ristić M., Vladić J., Nikolovski B., Adamović D. (2014). "Investigation of Cultivated Lavender (Lavandula Officinalis L.) Extraction and ItsExtracts", Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 20(1), 71-86.

Jokić S., Moslavac T., Bošnjak A., Aladić K., Rajić M., Bilić M. (2014). "Optimization of Walnut Oil Production", Croatian Journal of Food Science and Technology, 6(1), 27-35.

Dusek M., Masan V., Hic P., Kiss T. (2017). "The Evaluation of Walnut Oil Extraction Parameters", Mendelnet Conference, 8-9 November, 2017, Brno, Czech Republic, 526-531.

TS EN 1409 standardı, Dokunmuş Tekstil Mamullerinin Eğilme Dayanımı Tayini, 1973.

JIS B 0601 standardı, Geometrical Product Specifications (GPS)-Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters, 2001.

TS EN ISO 9693 standardı, Tekstil-Kumaşlar-Dökümlülük tayini, 1991.

Presentation ID / Sunum No: 133

Oral Presentation / Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-2482-9185

Geleneksel Moonwash Yönetiminin Örme Kumaşlar Üzerindeki Deformasyonunu Azaltmak Amacıyla Alternatif Yöntemlerin Geliştirilmesi

Araştırmacı Buse Mert[1], Araştırmacı Ali Sevim[1], Araştırmacı Funda Sever[1]
[1]Akar Tekstil A.Ş.

*Corresponding author: Buse Mert

Özet: *Tekstil sektörü sürekli yaşayan ve gelişen bir sektör olup kullanılan teknolojiler ve tasarımlar devamlı gelişim göstermektedir. Son yıllarda eskitilmiş ve boyası solmuş görüntüsü kazanan ürünler yoğun ilgi görmektedir. (Hacı et al., 2015) Bu görüntüyü elde edebilmek için renk açıcı teknikler ve yıkama teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknik yoğun olarak denim ve örme kumaşlar üzerinde kullanılmaktadır. (Technical Bulletin, 2000) Bu çalışmada örme kumaştan mamul ürünler üzerinde AKR001 ile ağartma yöntemi denenerek enerji maliyetleri, işçilik süreleri ve tekstil atıklarının azaltılması hedeflenerek sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Geleneksel moonwash yöntemi yerine geliştirilen bu alternatif çalışmada sağlanan avantajlar metnin sonuçlar kısmında detaylı şekilde yorumlanmaktadır. Geliştirilen yeni proses çevre duyarlılığı ve verimlilik bakımından sektörün sürdürülebilirlik anlamında ki değişimine katkıda bulunacaktır.*

Anahtar Kelimeler: *Ağartma, Eskitme, Sürdürülebilirlik, Ponza Taşı, Zdhc, Parça Boyama, Toz Asit*

Development of Alternative Methods for Reducing Deformation of Traditional Moonwash Management On Knitted Fabrics

Abstract*: The textile industry is a sector that is constantly alive and growing, and the technologies and designs used in the sector are constantly developing. In recent years, there has been a great demand for products that look worn and faded paint. (Hacı et al., 2015) In order to obtain this image, bleaching techniques and washing techniques are used. This technique is extensively used on denim and knitted fabrics. (Technical Bulletin, 2000) In this study, it was aimed to reduce energy costs, working hours of workers and textile waste by testing the bleaching method with AKR001 on products made of knitted fabric, and the results were evaluated statistically. The advantages provided in this alternative study, which was developed instead of the traditional moonwash method, are interpreted in detail in the results section of the article. The current process developed will contribute to the change of the sector in terms of sustainability when considered in terms of environmental awareness and efficiency.*

Keywords: *Bleaching, Aging, Sustainability, Pumice Stone, Zdhc, Piece Dyeing, Powdered Acid*

1- GİRİŞ

Sanayi sektörünün büyümesiyle birlikte, sanayi atıklarından çevre büyük oranda kirlenmekte ve zararlı kimyasallarla çalışanların sağlık durumu olumsuz etkilenmektedir. Bu olumsuzlukların önüne geçebilmek için büyük markalar da üstlerine düşen sorumluluğun farkındadırlar. Modaya yön veren birçok büyük marka, çevre üstünde büyük etkisi olan zararlı kimyasallara kısıtlamalar getirmiş ve bu kimyasalların kullanımını azaltmaya yönelik çalışmalar yapmaya başlamışlardır. (Sökümünde et al., 2017)

Tekstil sektörü sürekli yaşayan ve gelişen bir sektör olup kullanılan teknolojiler ve tasarımlar devamlı gelişim göstermektedir. Son yıllarda eskitilmiş ve boyası solmuş görüntüsü kazanan ürünler yoğun ilgi görmektedir. (Hacı et al., 2015) Bu görüntüyü elde edebilmek için renk açıcı teknikler ve yıkama teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknik yoğun olarak denim ve örme kumaşlar üzerinde kullanılmaktadır. (*Technical Bulletin*, 2000)

Kumaşın indirgen ya da yükseltgen maddelerle doğal renklerinden arındırılıp beyazlatılması işlemine ağartma denir. Pamuklu kumaşların ağartılmasında, boya sökmede oksidasyon maddesi olarak kullanılan potasyum permanganat tekstil sektöründe sıklıkla kullanılan fakat zararlarından dolayı yasaklanması sürekli gündeme gelen kimyasallar arasındadır. (Öner, 2019) Genel formülü $KMnO_4$'tür ve molekül ağırlığı 158,032 g'dır. Permanganatlar dayanıksız bir asit olan mangan oksidin tuzlarıdır.(Birgül, 2006)

Ağartma işleminde taş yıkama, enzim yıkama, random yıkama ve reçine yıkama gibi yöntemler kullanılmakla birlikte en yaygın yöntem ponza taşı ile yıkama yöntemidir. (Başaran & Aksel, 2017) Bu yöntemde kullanılan ponza taşı tek başına ağartma görevi göremediğinden, içerisine permanganat emdirilerek ağartma işlemi gerçekleştirilir. Bu nedenle doğal bir maden olan ponza taşının permanganat ilavesi görmesinden dolayı taş yıkama yönteminin gün geçtikçe kısıtlanmakta ve alternatifinin arayışı gündeme gelmektedir. (Şahiner & Eroğlu, 2020)

Ponza taşı Nevşehir taraflarında doğal madenlerden elde edilen farklı boyutlara sahip bir üründür. Örme kumaşları ağartma işleminde genelde 2-4 cm gömlek taşı olarak tabir edilen ponza taşı kullanılır. Taş boyutunun küçülmesi kumaşı deformasyonunu minimize etse de taşın makine parçalarına zarar vermesi ve su giderlerinin tıkanmasına sebep olmasını önleyememektedir. (Özkan & Tuncer, n.d.)

Taş yıkama yöntemi denim kumaşlarda sıklıkla tercih edilen başarılı bir yöntem olmasına rağmen örme kumaşlardaki başarısı farklılık göstermektedir. Örme kumaşlar denim kumaşlara kıyasla daha hassas ve dayanımı düşük kumaşlardır. (Agrawal, 2017)Ponza taşı ile yıkama durumunda kumaşta kısmi delinmeler ve dikiş kısımlarında yıpranmalar olabilmektedir. Fire sayısının artması hem maliyetleri artırmakta hem de tekstil atıklarının oluşmasına sebep olmaktadır. (Roy Choudhury, 2019)

Ponza taşının tüm bu olumsuzluklarını gidermek amacıyla alternatif yöntemlere ihtiyaç duyulmuştur. Bu çalışmada AKR001 ile ağartma yöntemi denenerek enerji maliyetleri, işçilik süreleri ve tekstil atıklarının azaltılması hedeflenerek sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

2- MATERYAL VE METOT

Çalışma örme kumaşlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu kumaşlara AKR001 adı verilen toz asit uygulanarak kumaşlar üzerindeki etkileri incelenmiştir.

ZDHC (zero Discharge of Hazardous Chemicals) 2011 yılında tehlikeli atıkların sıfır deşarjı programını oluşturmak üzere kurulmuş uluslararası bir vakıftır. Program, tekstil, deri ve ayakkabı sektöründe, sanayiye çevre bilinci kazandırmak amacıyla oluşturulmuştur. Küresel bir program olan ZDHC ile tekstil sektöründeki üreticilerin, üretim aşamasında kullanılan kimyasallar sonrası oluşan atık suyun minimize edilmesini hedeflemektedir.

Kimyasalın tekstil sektöründe geçerli olan ZDHC platformunda 1. Seviyede de yer alması, kullanılan bu kimyasalın çevre için zararsız bir kimyasal olduğunun göstergesidir.

2.1 MATERYAL

Çalışma aşamasında anyonik karakterli ıslatıcı, NaCl, Na_2CO_3, aşındırılabilir direkt boya grupları, Asetik Asit, polimer bazlı kırık önleyici, AKR001 (toz asit), reaktif sabun, anyonik yumuşatıcı ve taş enzim kullanılmıştır.

Islatıcı: Parça boyama aşamasının başlangıcında ürün liflerini açarak boyaların liflere işlemesini sağlar.

Tuz: Boya gruplarının homojen olarak ürün üzerinde dağılmasını sağlarken soda boya banyosunun pH değerini 11 lere getirerek boyanın ürün üzerine işlenmesini sağlar

Direk boya: aşındırma işlemi görecek ürüne Van der waals kuvvetleriyle bağlanan direk boya grupları kullanılır, boyanın aşındırma sırasında daha kolay üründen ayrılması sağlanır.

Tampon asit : Parça boyama banyosunda Ph'ı dengeleyerek ürün üzerindeki Ph'ın sabit değerde kalmasını sağlar. Ph'ın sabit değerde kalması ürün üzerine yapılan asidik işlemin etkinliğini artırarak , üründe istenilen efektin sağlanmasına yardımcı olur.

Kırık önleyici : Ürün üzerindeki kırık oluşumunu engelleyerek efektlerin gözle görünüm açısından düzgünlüğünü sağlar.

Toz asit : Ürün üzerinde ağartma efekti sağlar , bu efekti sağlarken ürünün yıpranmamasını ve fire oluşmamasını sağlar.

Sabun : Üründe ağartma sonrası oluşan yüzeyin temizlenmesini sağlar.

Taş enzim : Ürünlere vermek istediğimiz efektin daha homojenize olmasını sağlar.

2.2 METOT

AKR001 toz asidi kullanım yöntemiyle ağartılan kumaşları kıyaslayabilmek adına, yaygın olarak kullanılan geleneksel taş yıkama yöntemiyle numuneler elde edilmiştir. Sonrasında AKR001 toz asidi kullanılarak ağartma işlemi gerçekleştirilmiş ve kıyaslamaya gidilmiştir.

Gelen parça ürünler tartılarak yıkama-boyama makinesine alınır. Boyama aşaması tamamlanan ürünler sıkma makinasında 5 dakika sudan arındırılarak kurutma makinasına alınır. Kurutma makinesinde 60 derece sıcaklıkta %20 nemli kalacak şekilde kurutulur. Kuruyan ürünler verilmek istenen efekte göre yıkanacak mamulün kg miktarı üzerinden belirlenen yüzdede toz asit ile muamele edilmek üzere kapalı tambur tarzı yıkama makinasına alınır. Kapalı tambur ağartma makinasına konulan ürünlerin üzerine toz asit serpilerek ağartma işlemine başlanır. Toz asit miktarı ve ağartma işlemi süresi elde edilmek istenilen ürün efektine göre değişiklik gösterir. Ponza taşı kullanılmadan gerçekleştirilen işlem sonrasında makine boşaltılır ve ekstradan taş ve kum temizliği yapılmasına gerek kalmaz.

Ağartma işlemi biten ürün durulama banyosuna alınır. Öncelikli olarak sabun ile işlem gören ürünün yüzeyinin kimyasal fazlalığından temizlenmesi sağlanır. Daha sonra banyoya taş enzim eklenerek ürünlere vermek istediğimiz efektin daha homojenizasyonu sağlanır.

Son olarak ürünler yumuşatma ile istenilen yumuşaklığı getirilerek kurutma makinalarına alınır.

3- BULGULAR VE SONUÇ

Tekstil sektöründe önemli bir yer alan ağartma işlemini geliştirmek için yapılan bu çalışmada birçok avantaj sağlanmıştır. Ponza taşı yönteminde makinada ponza taşları aşınarak kum yapısına dönüşmekte ve ürünlerin arasına dolmaktadır. Makinaları ve ürünleri aşındırmamak için bu taşların silkelenerek üründen uzaklaştırılması gerekmektedir. Ayrıca makinaya her aşamada aşındırma işlemini gerçekleştirmek için KMnO4 ilavesi gerekmektedir bu da ekstra zaman ve enerji kaybına yol açmaktadır. Airwash (toz asit) yönteminde Tablo 1'de de görüldüğü üzere elektrik tüketimi konusunda moonwash geleneksel yöntemine kıyasla ön işlem gerektirmemesi ve makine işlem süresinin daha kısa olması sebebiyle %39,6 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır.

	MOONWASH (10 KG ÜRÜN İÇİN)	**AİRWASH (10 KG ÜRÜN İÇİN)**
KMNO4 İLAVE TAŞ İLAVE	10 DK	YOK
OPERASYON SÜRESİ	15 DK	15 DK
TOPLAM MAKİNE ÇALIŞMA SÜRESİ	25 DK	15 DK
ELEKTRİK TÜKETİMİ (2,56 KWH/1SAAT)	1,06 KWH	0,64 KWH %39,62 REDUCE

Tablo 1: Moonwash ve Airwash yöntemlerinin elektrik tüketimini kıyaslama tablosu

Öncelikle AKR001 toz asidiyle çalışılan Airwash sisteminde, çalışan sağlığını korumaya yönelik avantajlar sağlanmıştır. Ponza taşıyla ağartma yönteminde 25-35 kg lık taş miktarıyla çalışılmakta, yeni sistem Airwash yıkama yönteminde ise 2-4 kg arası toz asit kullanılarak çalışılmaktadır. Moonwash yönteminde taş tek başına aşınma efekti vermeye yardımcı olmaz, bu nedenle taşa permanganat ilave edilmekte ve taşa homejenize bir şekilde yayılması için ekstra 10 dakika makinenin ürünsüz çalıştırılması gerekmektedir. Her turda yapılması gereken bu işlem ekstra zaman ve enerji kaybı yaratır. Moonwash yönteminde taşla muamele olan ürünler makineden çıkarılırken tek tek makinede aranmakta ve silkelenerek taşlardan arındırılmaktadır. Fakat airwash yönteminde işlem bitiminde ürün direk olarak makineden alınır ve durulama adımına geçirilir. Airwash yönteminde her bir aşındırma adımında toz asit ilavesi yapılmakta moonwash yönteminde ise makineye 2-3 aşındırma işleminde bir taş ilavesi yapılmaktadır. Buna rağmen taş ağırlığı ve toz asit ağırlığı arasındaki büyük fark airwash yönteminin daha kolay uygulanabilir ve verimli olmasını sağlar. Çalışma süresini etkileyen bir diğer etken de moonwash yönteminde makinenin altında biriken taş tozu atıklarının çuvallanarak atık alanına götürülmesi işlemidir. Airwash yönteminde bu taşıma işlemi ve depolama alnından tasarruf sağlanmaktadır. Bu da çalışanların yük taşıma ve yük kaldırma süreçlerini ortadan kaldırmıştır. Bu prosesteki iyileştirme toplam adam saatte %57 oranında tasarruf sağlamıştır.

	MOONWASH (10 KG ÜRÜN İÇİN)	**AİRWASH (10 KG ÜRÜN İÇİN)**
KMNO4 İLAVE TAŞ İLAVE	10 DK	YOK
OPERASYON SÜRESİ	15 DK	15 DK
SİLKELEME SÜRESİ	10 DK	YOK
TOPLAM ÇALIŞMA SÜRESİ	35 DK	15 DK
TOPLAM ADAM SAAT	26,25 TL	11,25 TL %57 REDUCE

Tablo 2: Moonwash ve Airwash yöntemlerinin işçilik süresini kıyaslama tablosu

Ponza taşıyla ağartma sisteminde deformasyonu azaltmak için 2-4 cm lik gömlek taşı kullanılmasına rağmen örme kumaşlarda birçok fireyle karşılaşılmaktadır. Bunun sebebi ise makinede dönen taşların kısa sürede birbirlerine ve makine çeperlerine çarparak aşınması ve kenarlarının sivrileşmesidir. Aşınan taşlar ürünle dönerken ürün üzerine sürterek ürüne zarar vermekte ve birçok yerinde küçük delikler oluşmasına sebep olmaktadır. Fakat airwash yönteminde sadece toz asit kullanılması sebebiyle ürün üzerinde hasar yaratacak bir etken yoktur. Bunun sonucunda toz asit yönteminde aşındırma esnasında ürün firesi ortadan kalkmış olur.

		DİKİM ADETİ	FİRE ORANI
MOONWASH	2138275 AUSTİN MODEL	11880 AD.	4395 AD. %37
	2127171 NİRVANA MODEL	6648 AD.	1861 AD. %28
AİRWASH	2171810 SOFİNE TATTOO	6400 AD.	YOK
	2171194 PİNK RETRO	10755 AD.	YOK

Tablo 3: Moonwash ve Airwash yöntemlerinin fire oranlarını kıyaslama tablosu

Moonwash ve airwash yöntemlerinde aynı oranda aynı kimyasal kullanımı gerçekleştirilse de en büyük fark permanganatın prosesten çıkarılmış olmasıdır. Basit mangan oksit tuzu olan permanganatın insan sağlığı ve çevre için zararları yadsınamayacak kadar fazladır. İlave olarak permanganat çözeltisi hazırlamak için gerekli süreden de tasarruf edilmiştir. Airwash yönteminde permanganatın ortadan

tamamen kaldırılması en büyük avantajdır. Permanganat kullanılmayan bu yöntemin devamında permanganatı nötürlemek için kullanılan sodyum metabisülfit kullanımına da gerek kalmamıştır.

	MOONWASH (10 KG ÜRÜN İÇİN)	**AİRWASH (10 KG ÜRÜN İÇİN)**
KMNO4 (potasyum permanganat)	0,02%	
airwash kimyasalı		30%
dispergatör	1%	1%
sodyum metabisülfit	2%	
tüy enzim	1%	1%
nötr asit	1%	1%
fiksatör	2%	2%
sabun		2%
yumuşatıcı	4%	4%

Tablo 4: Moonwash ve Airwash yöntemlerinde kullanılan kimyasal oranlarını kıyaslama tablosu

SONUÇLAR

Geleneksel moonwash yöntemi yerine geliştirilen bu alternatif çalışmada sağlanan avantajlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Çalışanların yük taşıma yük kaldırma süreçleri minimize edilerek proses geliştirilmiştir.
- Ponza taşı hacimli bir ürün olduğundan ve kimyasala kıyasla hacmen yaklaşık 8 kat daha fazla yer kapladığından depolama alanlarından tasarruf edilmiştir
- Ponza taşının aşınarak ortaya çıkarttığı atık ortadan kalkmış bu sayede hem daha çevreci bir proses geliştirilmiş hem de çalışma süresinden tasarruf sağlanmıştır.
- Airwash yönteminde ürünlerin yıpranmış ponza taşıyla muamelesinden ortaya çıkan firelerin önüne geçilmiş ve firelerden %28-%37 aralığında tasarruf edilmiştir.
- Moonwash yönteminde taşa emdirilmesi gereken permanganat çözeltisinin hazırlanması airwash yönteminde gerek duyulmayan bir süreçtir.
- Her yeni üründe taşa eklenmesi gereken permanganatın taşa homejenize dağılması için makine ürünsüz 10 dakika dönmektedir. Airwash yönteminde bu adıma gerek duyulmaması her döngüde 10 dakika kazanç sağlamaktadır.

Çalışmada sağlanan avantajlar göz önünde bulundurulduğunda Airwash tekniği olarak adlandırılan toz kimyasal yöntemi bir çok yönden geleneksel Moonwash yönteminden daha avantajlı durumundadır.

KAYNAKLAR

Agrawal, B. J. (2017). Bio-Stoning of Denim- An Environmental-Friendly Approach. *Current Trends in Biomedical Engineering & Biosciences*, *3*(3). https://doi.org/10.19080/ctbeb.2017.03.555612

Başaran, H., & Aksel, H. (2017). *REAKTİF BASKILI VEYA BOYALI KUMAŞLARIN*

Birgül, A. (2006). *ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSU ARITIMINDA İLERİ OKSİDASYON PROSESLERİNİN KULLANIMI Aşkın BİRGÜL YÜKSEK LİSANS TEZİ ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI BURSA-2006*. https://acikerisim.uludag.edu.tr/handle/11452/4882

Hacı, N., Veli, B., Mühendislik, Ü., Fakültesi, M., & Bölümü, J. M. (2015). *2015 POMZA ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ FİZİBİLİTE*.

Öner, F. (2019). *BOYANMIŞ SELÜLOZİK KUMAŞLARDA ÖZEL YIKAMA TEKNİKLERİ VE GÖRSEL ETKİLERİ*. https://www.proquest.com/openview/ca13b79124826e4e818ea7546687bd29/1?pq-origsite=gscholar&cbl=44156

Özkan, Ş. G., & Tuncer, G. (n.d.). *Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış*

Roy Choudhury, A. K. (2019). Enzyme applications in textile chemical processing. In *Sustainable Technologies for Fashion and Textiles* (pp. 91–115). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102867-4.00005-0

Şahiner, M., & Eroğlu, G. (2020). *MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ*.

Sökümünde, B., Gazi, O., Sanayiye, K., Araştirilmasi, U., & Kicik, H. B. (2017). *REAKTİF BASKILI VEYA BOYALI KUMAŞLARIN*.

Technical Bulletin. (2000).