



ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ

ARTVİN ÇORUH UNIVERSITY
JOURNAL OF FORESTRY FACULTY

YIL: 2025 CİLT: 26 SAYI:2 YEAR: 2025 VOL:26 NUMBER:2
ISSN: 2146-1880 e-ISSN:2146-698X



PRODUCTION INFORMATION

ÜRÜN BİLGİSİ

Publisher
Artvin Coruh University Faculty of Forestry

Yayıncı
Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi

Owner (on behalf of ACU Faculty of Forestry)
Prof. Dr. Mehmet YAVUZ

Sahibi (AÇÜ Orman Fakültesi adına)
Prof. Dr. Mehmet YAVUZ

in Charge of Publication Unit
Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Yayın Birimi Sorumlusu
Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Date of Publication
October, 2025

Basım Tarihi
Ekim, 2025

Language
Turkish / English

Yayın Dili
Türkçe / İngilizce

Frequency
Published two times a year

Yayın Aralığı
Yılda iki kez yayımlanır

Type of Publication
Widely distributed
periodical

Yayın Türü
Yaygın süreli yayını

Indexed in

Tarandığı İndeksler



AÇÜ Orman Fakültesi Dergisi, 08000 Artvin/Türkiye

+90 466 215 10 35

+90 466 215 10 34

editorofd@artvin.edu.tr

Yazışma Adresi/Correspondence Address

Telefon/Telephone

Belgegeçer/Fax

e-mektup/e-mail

BAŞ EDİTÖRLER

Editor-in-Chief

Prof Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

YARDIMCI EDİTÖRLER

Co-Editors

Prof. Dr. Derya SARI

Doç. Dr. Davut BAKIR

Dr. Öğr. Üyesi İnci Zeynep YILMAZ

SORUMLU YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ

Managing Editor

Dr. Öğr. Üyesi İnci Zeynep YILMAZ

KONU EDİTÖRLERİ

Topical Editors

Prof Dr. William CONNER

Prof Dr. Zeki KAYA

Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

Prof Dr. Göksel TOZLU

Doç. Dr. Jiří Remeš

Prof Dr. Said LAARIBYA

Prof Dr. Sevda KIRBAG

Dr. Vladimír JANECEK

Prof Dr. Öner DEMİREL

Prof Dr. Dani SARSEKOVA

YABANCI DİL EDİTÖRÜ

Foreign Language Editor

Prof. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU

MİZANPAJ

Compositor

Arş. Gör. Dr. Neslihan ATAR

Arş. Gör. Burak KILIÇ

Arş. Gör. Ahmet Tunç GEZEGİN

Clemson University, ABD
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye
Atatürk Üniversitesi, Türkiye
Atatürk Üniversitesi, Türkiye
Czech University of Life Sciences, Çek Cumhuriyeti
Ibn Tofail University, Morocco
Fırat Üniversitesi, Türkiye
Czech University of Life Sciences, Çek Cumhuriyeti
Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye
S. Seifullin Kazakh Agra Technical University, Kazakistan

Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye

Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye
Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye
Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye

Araştırma Makalesi/ Research Article

- Natural Filters: The Impact of Urban Plants on Air Quality**.....269-280
Doğal Filtreler: Şehir Bitkilerinin Hava Kalitesine Etkisi
Makbulenur ONUR*, Demet Ülkü GÜLPINAR SEKBAN
- Sıvı Azot Ön İşlemi ve Boraks Uygulamasının Sarıçam Ağaç Malzemenin Yanma Özelliklerine Etkisi**281-289
The Effect of Liquid Nitrogen Pretreatment and Borax Application on The Combustion Properties of Scots Pine Wood Material
Cemal ÖZCAN, Osman ÇALIM, Süleyman ÖZCAN*
- Functionalized Cellulose-Reinforced CMC-Based Hydrogels: NaOH-Urea Catalyzed Oxidation and Mechanical Pretreatments, Crosslinking with Citric Acid and Epichlorohydrin, and Characterization**.....290-301
Fonksiyonelleştirilmiş Selüloz Katkısıyla Güçlendirilmiş CMC Esaslı Hidrojeller: NaOH-Üre Katalizli Oksidasyon ve Mekanik Ön İşlem Uygulamaları, Sitrik asit ve Epiklorohidrin ile Çapraz Bağlanma ve Karakterizasyon
Asena Damla BÜYÜKÜSTÜN, Esat GÜMÜŞKAYA, Emir ERİŞİR*
- Tıbbi ve Aromatik Bitki Satışı ve Kullanımı: Eskişehir İli Örneği**.....302-308
Sale and Use of Medicinal and Aromatic Plants: The Case of Eskişehir Province (Türkiye)
Sefa AKBULUT*
- Investigation of Thermal Conductivity and Mechanical Properties of Gypsum Particleboard Reinforced with Fiber-Reinforced Polymers**.....309-322
Fiber Takviyeli Polimerlerle Güçlendirilmiş Alçılı Levhaların Isıl İletkenlik ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması
Halil Turgut ŞAHİN, Esen ÇAM, Yasemin ŞİMŞEK TÜRKER*, Şemsettin KILINÇARSLAN
- Kampüs Ana Arterlerini Yaya Dostu ve Erişilebilir Olarak İyileştirme**.....323-342
Improving Campus Main Arteries as Pedestrian-Friendly and Accessible
Müge YURTCAN*, Ebru DURUK, Arif TOSLAK
- Orman Ağaçlandırma Faaliyetlerinin İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanılarak Planlanması: Artvin Örneği**.....343-354
Planning Forest Afforestation Activities Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVS): The Case of Artvin
Mustafa ACAR*, Saliha ÜNVER
- Kent Kimliği Kavramının Kevin Lynch Yaklaşımıyla İncelenmesi: Siirt Kenti Örneği**.....355-369
Examining The Concept of Urban Identity Through Kevin Lynch's Approach: The Case of Siirt
Esra BAYAZIT*
- Endemik Tunceli Sarımsağı (Allium tuncelianum) Toprağından Bacillus velezensis İzolasyonu, Moleküler Tanımlanması ve Antimikrobiyal Özellikleri**370-377
Isolation, Molecular Identification, and Antimicrobial Properties of Bacillus velezensis from Endemic Allium tuncelianum Soil
Altuğ KARAMAN*, Şükran KILIÇ, Halit YÜCEL, Ferit Can YAZDIÇ, Fadime YAZDIÇ
- Toprak Organik Karbonu Ölçek Küçültme İşlemi İçin Farklı Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Karşılaştırılması: Kahramanmaraş/Ekinözü İlçesi Örnekleme Alanı**.....378-388
Comparison of Different Machine Learning Algorithms for Soil Organic Carbon (SOC) Downscaling Process: Kahramanmaraş/Ekinözü District Sampling Area
Esin KARAMANLI*
- Mobilya Aksesuarlarının Kullanımında Avrupa ve Amerika'daki Uygulama Farklılıkları Üzerine Bir Araştırma**.....389-401
A Research on the Differences in the use of Furniture Hardware in Europe and America
Uğur KILIÇ*, Tuncer DİLİK
- Essential Oil Composition of Oleaster (Elaeagnus Angustifolia L.) Flowers and Comparative Assessment of Metabolic and Antioxidant Potential of Flower and Leaf Extracts.**402-409
İğde (Elaeagnus angustifolia L.) Çiçeklerinin Uçucu Yağ Bileşimi ve Çiçek ve Yaprak Ekstraktlarının Metabolik ve Antioksidan Potansiyelinin Karşılaştırılması
Fatih TONGUÇ*, Ümit ERDOĞAN, Sercan ÖNDER, Muhammet TONGUÇ

Cilt	26	Volume	26
Sayı	2	Number	2
Yıl	2025	Year	2025

Araştırma Makalesi/ Research Article

- Kampüs Alanlarında Yenilebilir Bitkilerin Kullanım Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü Örneği.....410-420**
Evaluation of the Utilization Potential of Edible Plants in Campus Areas: The Case of Iğdır University Şehit Bülent Yurtseven Campus
Rıdvan TİK*, Tuncay KAYA
- Ahşap Üzerine Fraktal Yakma İçin Yüksek Voltaj Yakma Makinesi Geliştirilmesi ve Farklı Elektrolit Türleri ile Voltaj Seviyelerinin Etkisinin İncelenmesi.....421-429**
Development of a High Voltage Burning Machine for Fractal Burning on Wood and Investigation of the Effect of Different Electrolyte Types and Voltage Levels
Talha Barış SARI, Mehmet KARAMANOĞLU*
- Kavela Ölçülerinin Yonga Levha ve Orta Yoğunlukta Lif Levhadan Üretilen Mobilya Raflarının Rijitliği Üzerindeki Etkileri.....430-440**
Effects of Dowel Size on Rigidity of the Furniture Shelves Constructed of Particleboard and Medium Density Fiberboard
Tolga KUŞKUN*, Cafer Enes UĞURLU, Ali KASAL
- Wood Type Classification Based on Hybrid Feature Integration with Optimized Bagging Ensemble Approach.....441-455**
Optimizasyonlu Bagging Ensemble Yaklaşımıyla Hibrit Özellik Entegrasyonuna Dayalı Ahşap Türü Sınıflandırması
Kenan KILIÇ*
- Cittaslow Üyesi Olmanın Sürdürülebilir Yerel Kalkınmaya Etkisi: Şavşat'ta Paydaşların Düşünceleri.....456-471**
Impact of Being a Cittaslow Member on Sustainable Local Development: What Stakeholders Think in the District of Şavşat
Atakan ÖZTÜRK*, Fatma İPEK, Bekir KAYACAN
- Academic Productivity in the Context of Disasters: A Spatial Analysis of Landscape Architecture Departments in Türkiye.....472-482**
Afetler Bağlamında Akademik Üretkenlik: Türkiye'deki Peyzaj Mimarlığı Bölümlerinin Mekânsal Analizi
Nebahat KALKAN*, Fatma Açıçım TÜZER BAŞKAYA
- B7 Elazığ Bölgesinde Yetişen *Centaurea*, *Psephellus* ve *Cyanus* Cinslerine Ait Türler Üzerine Palinolojik Bir İnceleme.....483-491**
*Palynological Investigation of the Genera *Centaurea*, *Psephellus*, and *Cyanus* Growing in the B7 Elazığ Region*
Kürşat KARGÜN*
- Geleneksel Ahşap Şavşat Evinin Sürdürülebilirliği: Artvin Çoruh Üniversitesi Örneği.....492-506**
The Sustainability of Traditional Wooden Şavşat House: The Example of Artvin Coruh University
Evren Osman ÇAKIROĞLU*, Taner TAŞDEMİR, Birgül ÇAKIROĞLU
- Kampüs Alanlarında Perennial Bahçe Tasarımı, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkez Kampüs Örneğinde Öneri Proje ve Kullanıcı Algısı.....507-519**
Perennial Garden Design in Campus Areas, Proposed Project and User Perception in the Example of Recep Tayyip Erdoğan University Central Campus
Gülcay ERCAN OĞUZTÜRK, Türker OĞUZTÜRK*, Ayşe MENGENE, Neslihan TERZİ
- Ağaçlandırma Senaryolarının Erozyon Riski Üzerindeki Etkisinin ICONA Modeli ile Mekânsal Değerlendirilmesi: Terme Çayı Havzası Örneği.....520-533**
Spatial Assessment of the Effects of Afforestation Scenarios on Erosion Risk Using the ICONA Model: A Case Study from the Terme Stream Watershed
Osman Can YÜCESOY*, Semih EDİŞ
- Çok Kriterli Karar Verme Temelli Erozyon Analizi: Entropi-WASPAS Yaklaşımıyla Derindere Havzası'nın (Ardahan) Önceliklendirilmesi.....534-546**
Erosion Analysis Based on Multi-Criteria Decision-Making: Prioritization of the Derindere Watershed (Ardahan) Using the Entropy-WASPAS Approach
İbrahim DURSUN*

Cilt	26	Volume	26
Sayı	2	Number	2
Yıl	2025	Year	2025

Araştırma Makalesi/ Research Article

Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Peyzaj Projelerinin Algılanabilirliğine Etkisi	547-557
<i>The Effect of Augmented Reality Technology on the Perceptibility of Landscape Projects</i> Recep ÖZMİSİR*, Hakan DOYGUN	
Pinus pinea Fidanlarının Büyümesinde Silikon Bazlı Gübrelemenin Etkisi	558-568
<i>Effects of Silicon-Based Fertilizer on Growth of Pinus Pinea Seedlings</i> Safa BALEKOĞLU*	
Rize'deki Taş Ocağı Çevresinde Yetişen Hedera helix L.'de Ağır Metal Kirliliğinin Değerlendirilmesi	569-579
<i>Assessment of Heavy Metal Pollution in Hedera helix L. Growing Around the Quarry in Rize</i> Şule GÜZEL İZMİRLİ*	
Process Monitoring with Individual Measurements: A Case Study in Corrugated Cardboard Industry	580-588
<i>Bireysel Ölçümler ile Proses İzleme: Oluklu Mukavva Endüstrisinde Bir Örnek Çalışma</i> Sebahattin TİRYAKİ*, Aytaç AYDIN, Sedat ONDARAL	
Anadolu Karaçamı (Pinus nigra) Gençleştirme Meşçeresinde Kontrollü Yakmanın Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi	589-600
<i>The Effect of Prescribed Burning on Soil Properties in Regeneration Stands of Anatolian Black Pine (Pinus nigra)</i> Ayşegül Gözde TİRYAKİ GÜNGÖR*, Ömer KÜÇÜK, Mehmet KÜÇÜK, Ertuğrul BİLGİLİ	
Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi'nin İçerik Analizi	601-613
<i>Content Analysis of the Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty</i> Ufuk DEMİRCİ, Saim YILDIRIMER*, İnci Zeynep YILMAZ	

Cilt	26	Volume	26
Sayı	2	Number	2
Yıl	2025	Year	2025

Natural Filters: The Impact of Urban Plants on Air Quality

Doğal Filtreler: Şehir Bitkilerinin Hava Kalitesine Etkisi

Makbulenur ONUR*¹, Demet Ulku GULPİNAR SEKBAN¹

¹Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Trabzon

Eser bilgisi / Article info

Araştırma makalesi / Research article
DOI: 10.17474/artvinofd.1627933

*Sorumlu yazar/Corresponding author
Makbulenur ONUR
e-mail: mnurbekar@ktu.edu.tr

Geliş tarihi / Received
27.01.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form
17.05.2025

Kabul tarihi / Accepted
27.05.2025

Elektronik erişim / Online available
15.10.2025

Keywords:

Air quality index
Air pollution
Urban plants

Anahtar kelimeler:

Hava kalitesi indeksi
Hava kirliliği
Kent bitkileri

Abstract

Plants are among the first solutions considered in the fight against air pollution. As natural and effective agents, they play a vital role. However, success depends on selecting the right species and placing them in suitable climates and locations. When properly chosen, plants can significantly improve air quality and support sustainable urban environments. This study focuses on the concept of "natural filtration," particularly "the role of trees," using the city of Trabzon as the study area. Two sites were selected: one with dense urban vegetation and the other with sparse vegetation. Emission measurements were conducted and analyzed statistically. Results revealed that broad and oval-leaved plants had greater potential to enhance micro air quality. Among all species, *Rhododendron cynthia* had the most consistent positive effect across all seasons. In spring, the park's average air quality was 95.48 µg/m³, with *R. cynthia* recording 357.44 µg/m³. In summer, the average was 106.87 µg/m³, while this species measured 310.37 µg/m³. Autumn showed 124.74 µg/m³ overall, and *Rhododendron cynthia* had 201.43 µg/m³. In winter, it had the lowest CO emission at 1.03 µg/m³, while the average was 107.96 µg/m³. These findings emphasize the species' strong potential to improve air quality. Furthermore, 80% of the species with the highest air quality contribution were trees, suggesting they should be prioritized in landscape planning. ANOVA results showed that broad and oval-leaved trees had a significant positive impact, while the difference between deciduous and evergreen species was not significant. In conclusion, urban plants' effectiveness in improving air quality depends on species, leaf shape, and growth form. These findings serve as a guide for environmentally sustainable and informed landscape planning.

Özet

Bitkiler, hava kirliliğiyle mücadelede ilk akla gelen çözümler arasındadır. Doğal ve etkili unsurlar olarak önemli bir rol oynarlar. Ancak bu süreçte başarı, doğru bitki türlerinin seçilmesi ve uygun iklim koşullarına ve alanlara yerleştirilmesine bağlıdır. Uygun seçimlerle, bitkiler hava kalitesini artırabilir ve sürdürülebilir kentsel çevreler oluşturabilir. Bu çalışma, "doğal filtrasyon" kavramı ve özellikle "ağaçların rolü" üzerine odaklanmakta olup, çalışma alanı olarak Trabzon kenti seçilmiştir. Biri yoğun bitki örtüsüne, diğeri ise az bitki örtüsüne sahip iki alan belirlenmiştir. Bu alanlarda emisyon ölçümleri yapılmış ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, geniş ve oval yapraklı bitkilerin mikro hava kalitesini artırmada daha etkili olduğunu göstermiştir. Tüm türler arasında *Rhododendron cynthia*, dört mevsim boyunca hava kalitesini en fazla iyileştiren tür olmuştur. İlkbaharda parkın ortalama hava kalitesi 95.48 µg/m³ iken, *Rhododendron cynthia* 357.44 µg/m³ değerine ulaşmıştır. Yazın ortalama 106.87 µg/m³, bu türde ise 310.37 µg/m³ ölçülmüştür. Sonbaharda genel ortalama 124.74 µg/m³ olup, *Rhododendron cynthia* 201.43 µg/m³ değer göstermiştir. Kışın ise ortalama 107.96 µg/m³ iken, bu tür en düşük CO emisyonunu 1.03 µg/m³ ile göstermiştir. Bulgular, bu türün hava kalitesini artırmadaki güçlü potansiyelini ortaya koymaktadır. Ayrıca, hava kalitesine en fazla katkı sağlayan türlerin %80'inin ağaç formunda olduğu tespit edilmiş ve bu türlerin kentsel peyzaj planlamasında önceliklendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. ANOVA testi sonuçlarına göre, geniş ve oval yapraklı ağaçlar hava kalitesine daha fazla katkı sağlarken, yaprağını döken ve herdem yeşil türler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Sonuç olarak, kentsel bitkilerin hava kalitesini iyileştirme potansiyeli; tür, yaprak morfolojisi ve büyüme formuna bağlıdır. Bu bulgular, çevresel sürdürülebilirliği destekleyen bilinçli peyzaj planlaması için önemli bir rehber niteliğindedir.

INTRODUCTION

Air pollution is among the biggest environmental problems of our time (Locosselli 2019). Martyr trees have a significant impact on this issue (Paoletti 2004). However, studies indicate that plants have a role in

improving air quality and that some species help reduce urban ozone levels (Nowak et al. 1996, Nowak et al. 2006, Jin et al. 2024, Vashist et al. 2024). Improving air quality by producing oxygen, They capture Particulate Matter (PM) with their leaf surfaces. They prevent overheating in cities by blocking sunlight with the help of their leaves and

other organs. Urban trees reduce carbon emissions by storing carbon in the atmosphere during their growth. However, there are still complexities about which plant should be selected and which plant has a role in improving air quality (Grote et al. 2016). For example, *Pinus taxa* are much more widely used in Europe. The main reasons for this are that they improve air quality and are relatively more resistant to stress (Grote et al. 2016). Urban trees play important roles in terms of the ecosystem services they provide in urban areas (Tülek et al. 2024). These beneficial roles include combating air pollution and absorbing polluted emissions (Nowak 2002, Escobedo and Nowak 2009, Manes et al. 2012, Sicard et al. 2018), absorbing harmful emissions such as CO₂ (Nowak et al. 2013), and balancing air temperature (Livesley et al. 2016) (Locosselli et al. 2019). For example, some taxa that are effective in reducing ozone in Brooklyn, NY are as follows; *Morus* spp., *Prunus* spp., *Tilia* spp. and *Gleditsia* sp. (Nowak 2002). Among the street trees, broad-leaved trees are effective in retaining PM_{2.5}, but when placed incorrectly, they can slow down airflow and cause pollutants to accumulate (Jin et al. 2024). Therefore, species selection is very important in terms of air quality.

When harmful emissions are examined, Particulate matter 2.5, Particulate matter 10, ozone, Carbon dioxide, Carbon monoxide, Formaldehyde, Sulfur dioxide, Volatile Organic Compounds VOCs are among some harmful emissions in the city. Within the scope of this study, PM_{2.5}, PM₁₀, CO, CO₂ and Air Quality index calculations were made. The reason why 4 emissions were selected within the scope of the study is listed as follows;

- PM_{2.5} (particles smaller than 2.5 micrometers) can reach the lungs and even the bloodstream, causing respiratory and cardiovascular diseases. PM₁₀ (particles smaller than 10 micrometers) can accumulate in the respiratory tract and trigger diseases such as asthma and bronchitis. PM_{2.5} and PM₁₀ are one of the most critical pollutants in determining air quality, and the World Health Organization (WHO) limit values have been determined according to these pollutants (Xing 2016, Yang et al. 2019, Yang et al. 2020, Cui et al. 2022, Zhu et al. 2023).

- CO can cause a lack of oxygen in the bloodstream. Especially in closed areas, CO accumulation can lead to fatal poisoning. CO levels in cities increase due to transportation and energy use. Therefore, it is one of the important indicators of urban air pollution (Saxena and Naik 2019).

- CO₂ is a greenhouse gas and one of the main causes of climate change. High CO₂ levels reduce the quality of life by increasing the heat island effect in cities (Lukac et al. 2010, Özsoy 2023).

STUDY AREA AND METHODOLOGY

Study Area

Geographical Location and Design Features

The main material of the study is Trabzon Atatürk Area Square Park. Atatürk Area Square Park is located at 41.005219 latitude and 39.730820 longitude (URL-1). Trabzon Atatürk Area Square Park is an important green area in terms of urban landscape located in the city center. This park is a part of the historical and cultural texture of Trabzon and is also designed to meet the needs of city residents for rest, social interaction and being in touch with nature. The study area was rebuilt with a project in 2011 and was added to the city with many functions and activity areas (Sancar and Acar 2016, Bekar et al. 2016).

Trabzon Atatürk Area is located in a location that is easily accessible, among the busy traffic and commercial areas of the city center. This park establishes a direct connection with the urban ecosystem as one of the green areas surrounding the city. Meydan Park attracts attention with its wide green areas, walking paths, tree-lined rest areas and aesthetic arrangements. In terms of landscape architecture, local plants and various tree species were used in the design of the park, reflecting an approach appropriate to the climate and ecosystem of the region.



Figure 1. Study area (Left: Google Map Pro, Right: Meteoblue)

Study Area in Terms of Air Quality and Emissions

Trabzon Atatürk Square Park is an important green area that improves the air quality in the city. The trees in the park filter Particulate Matter (PM), Carbon Dioxide (CO₂), Carbon Monoxide (CO) and other air pollutants, thus positively affecting the air quality. However, the fact that the park is located in the city center, the density of businesses around it and its proximity to important transportation networks of the city cause the park to be in constant contact with air pollutants. This means that the positive effects on air quality provided by the park may be limited and the effect of pollutants is further increased by pollutant emissions originating from heavy traffic and industrial activities around the park. Nevertheless, the green area function and natural filtering capacity of the park continue to contribute to the air quality of the city.

Methodology

The study consists of two stages. In the first stage, Trabzon's urban plants were analyzed in detail. In this analysis process, a survey was conducted with an expert group. In line with the purpose of the survey, an open-ended question was directed to the expert group. The question was determined as follows: "When you think of Trabzon Atatürk Area Square Park, list the first 15 ensured data consistency. Measurements were meticulously conducted based on predetermined coordinates. These coordinates were determined

characteristic plant taxa that come to your mind." This stage was an important step to collect expert opinions on Trabzon's urban plants and to better understand the relationship of these plants with air quality.

In the second stage of the study, measurement studies were carried out. In this stage, a location was selected where each of the plants determined in the first stage was located in the same area. While choosing the location, care was taken to include different plant groups with similar vegetation characteristics in the same area and a study area suitable for these criteria was determined. Thus, it was possible to compare and analyze the effects of different plant species on air quality more effectively. Measurements were made in 2 different ways. In order to measure the effects of plants, micro measurements were made under 10 different plants and the general air quality index of the park was measured and calculated.

Measurements were conducted regularly over the course of one year, with each season analyzed separately to identify seasonal variations in detail. The measurement frequency was planned as twice per week, resulting in a total of 650 micro-measurements. To enhance reliability and minimize error rates, all measurements were performed at the same times (09:00 and 11:00) and from the same location. This approach helped reduce the influence of external factors on measurement results and according to the locations of trees selected by an expert group. The measurement process was carried out each week at the same time and from the same coordinates.

Additionally, to ensure consistency in the measurements, the process always started from the same point and was completed at the same endpoint. Thus, the accuracy and comparability of the data were maintained at the highest level.

The measurements were carried out using a handheld, manually operated infrared device. Due to the handheld nature of the device, the measurement height varied depending on the operator's stature but was generally maintained at the sub-canopy level. This approach was implemented as a precaution to standardize the measurement process. Additionally, special attention was given to maintaining a consistent angle and distance during measurements to ensure accuracy and repeatability.

FINDINGS

Identification of City Plants

A plant list was created with a group of 50 landscape architects who are experts in their fields. While creating the plant list, the first 10 plants from the plant species that were written the most in the open-ended questions were selected (Figure 2, Figure 3, Table 1). These plants are “*Acer palmatum 'Atropurpureum'*”, *Betula pendula*, *Cedrus deodora*, *Fagus sylvatica*, *Laurus nobilis*, *Magnolia grandiflora*, *Malus floribunda*, *Platanus orientalis*, *Prunus serrulata*, *Rhododendron cynthia* (Figure 2). These identified plants were examined in Table 1 according to Leaf Phenology, Plant Growth Habit, Priority in Planting Design, Area of Use in Urban Spaces, Exotic/Natural, Leaf Morphology, Light intensity under the crown, Number of branches groups and the second stage of the study was started.



Figure 2. Participants' preference of urban plants

Table 1. Characteristics of some urban plants identified by the expert group

Scientific name	Turkish name	Leaf Phenology	Plant Growth Habit
1 <i>Acer palmatum</i> 'Atropurpureum'	Japon Akçaağacı	Deciduous	Tree
2 <i>Betula pendula</i>	Sarkık Huş	Deciduous	Tree
3 <i>Cedrus deodora</i>	Himalaya sediri	Evergreen	Tree
4 <i>Fagus sylvatica</i>	Avrupa Kayını	Deciduous	Tree
5 <i>Laurus nobilis</i>	Akdeniz Defnesi	Evergreen	Shrub
6 <i>Magnolia grandiflora</i>	Büyük Çiçekli Manolya	Evergreen	Tree
7 <i>Malus floribunda</i>	Süs Elması	Deciduous	Tree
8 <i>Platanus orientalis</i>	Doğu Çınarı	Deciduous	Tree
9 <i>Prunus serrulata</i>	Süs Kirazı	Deciduous	Tree
10 <i>Rhododendron cynthia</i>	Orman Gülü	Evergreen	Shrub

Scientific name	Priority in Planting Design	Area of Use in Urban Spaces	Exotic/ Natural
1 <i>Acer palmatum</i> 'Atropurpureum'	Form, Leaf	Visual	Exotic
2 <i>Betula pendula</i>	Leaf, Stem, Calligraphy	Visual, Ecological	Exotic
3 <i>Cedrus deodora</i>	Form	Visual	Exotic
4 <i>Fagus sylvatica</i>	Form, Leaf, Calligraphy	Visual, Ecological	Exotic
5 <i>Laurus nobilis</i>	Leaf, Flower, Fruit	Visual, Functional, Ecological	Natural
6 <i>Magnolia grandiflora</i>	Form, Leaf, Flower	Visual, Functional	Exotic
7 <i>Malus floribunda</i>	Leaf, Flower, Fruit	Visual	Exotic
8 <i>Platanus orientalis</i>	Form, Fruit, Body, Calligraphy	Visual, Functional, Ecological	Natural
9 <i>Prunus serrulata</i>	Flower	Visual, Functional	Exotic
10 <i>Rhododendron cynthia</i>	Flower	Visual	Exotic

Scientific name	Leaf Morphology	Light intensity under the crown	Number of branches
1 <i>Acer palmatum</i> 'Atropurpureum'	Palmate, slender and lobed	Medium (partial shade)	15-25
2 <i>Betula pendula</i>	Triangular, with toothed edges	High (light shade)	10-20
3 <i>Cedrus deodora</i>	Coniferous	Low (dense shadow)	25-40
4 <i>Fagus sylvatica</i>	Oval, with wavy edges	Medium (partial shade)	20-30
5 <i>Laurus nobilis</i>	Skin-textured, lanceolate	Medium (partial shade)	5-15
6 <i>Magnolia grandiflora</i>	Large, shiny, oval	Low (dense shadow)	10-20
7 <i>Malus floribunda</i>	Small, oval, slightly hairy	Medium (partial shade)	10-15
8 <i>Platanus orientalis</i>	Large, palmative, toothed	High (light shade)	20-30
9 <i>Prunus serrulata</i>	Oval, toothed edge	Medium (partial shade)	10-15
10 <i>Rhododendron cynthia</i>	Large, leather textured, oval	Low (dense shadow)	5-10

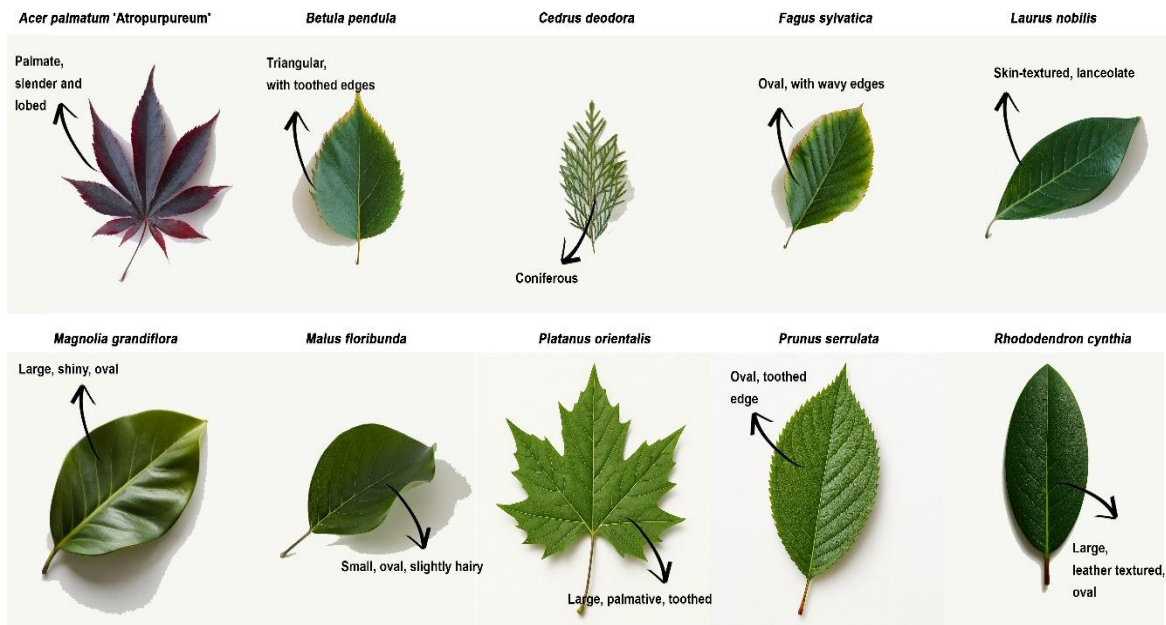


Figure 3. Characteristics of 10 plant leaf forms

Determining the Accuracy of the Data

Analysis of Variance (ANOVA) was used to determine whether there are significant differences between the emission measurements of different plant species, in line with the primary aim of the study. ANOVA is a parametric test that compares within-group and between-group variances to assess whether the means of the groups are significantly different from each other. This test is particularly preferred when comparing multiple groups, and in this study, it was applied to examine whether the effects of plant species on micro air quality differ. In the study, emission measurements related to micro air quality were collected for each plant species within predefined parameters. After the data was collected, the means of each plant species group were compared using

a one-way ANOVA test. This test has two primary hypotheses: the null hypothesis, which assumes there is no significant difference between the means of the groups, and the alternative hypothesis, which suggests that at least one group mean differs. The p-value determines whether the test result is random or not. In this study, the p-value was found to be below 0.05, indicating that there are significant differences between plant species, and that these differences have statistically significant effects on micro air quality. As a result, the ANOVA test revealed that these urban plants have a significant impact on micro air quality. This finding supports the notion that the selection of plant species used to improve air quality in urban environments plays a crucial role in air pollution management (Table 2).

Table 2. Results of Analysis of variance (ANOVA) for plant emissions

Parameters	t	Sig.(2-tailed)	Mean Difference	Std. Deviation	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
CO	25.782	.000	275.81450	275.81450	254.1758	297.4532
CO ₂	97.389	.000	101.72650	101.72650	99.6137	103.8393
PM _{2.5}	19.502	.000	1.88575	1.88575	1.6902	2.0813
PM ₁₀	68.428	.000	68.90200	68.90200	66.8653	70.9387

Conducting Emission Measurements

Looking at the emission results obtained during the spring seasons, *Acer palmatum* 'Atropurpureum' took the value of 357.44 µg/m³, *Betula pendula* 205.74 µg/m³, *Cedrus deodora* 217.57 µg/m³, *Fagus sylvatica* 202.76 µg/m³, *Laurus nobilis* 209.76 µg/m³, *Magnolia grandiflora* 198.64 µg/m³, *Malus floribunda* 223.74 µg/m³, *Platanus*

orientalis 196.77 µg/m³, *Prunus serrulata* 196.13 µg/m³ and *Rhododendron cynthia* 194.37 µg/m³. The average AQI value was determined as 95.48 µg/m³. The best air quality measurement was obtained from *Rhododendron cynthia* taxon (Table 3, Figure 4).

Table 3. Spring emission measurement and average AQI

Spring	Taxa name	Emissions				Average air quality index
		CO ₂	CO	PM ₂₅	PM ₁₀	
1	<i>Acer palmatum</i> 'Atropurpureum'	357.44	1.67	76.61	112.74	95.48 µg/m ³
2	<i>Betula pendula</i>	205.74	2.85	75.47	106.74	
3	<i>Cedrus deodora</i>	217.57	2.43	70.54	103.64	
4	<i>Fagus sylvatica</i>	202.76	1.18	65.84	96.48	
5	<i>Laurus nobilis</i>	209.76	1.76	71.65	104.46	
6	<i>Magnolia grandiflora</i>	198.64	1.83	60.76	98.48	
7	<i>Malus floribunda</i>	223.74	2.34	74.36	102.97	
8	<i>Platanus orientalis</i>	196.77	1.07	61.67	99.47	
9	<i>Prunus serrulata</i>	196.13	1.34	60.74	99.47	
10	<i>Rhododendron cynthia</i>	194.37	1.17	65.71	95.41	

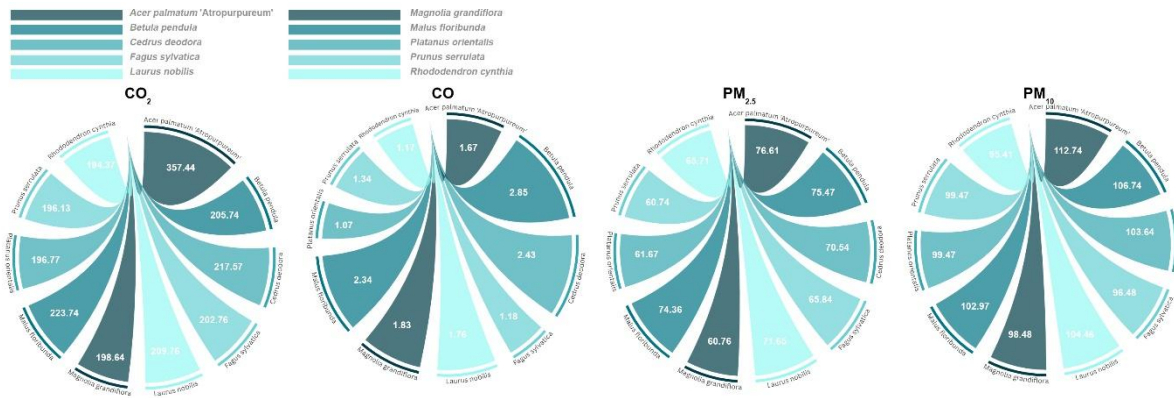


Figure 4. Spring emission graph

Looking at the emission results obtained during the summer season, *Acer palmatum* 'Atropurpureum' had the value of 253.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Betula pendula* 351.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Cedrus deodora* 314.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Fagus sylvatica* 201.77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Laurus nobilis* 286.73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Magnolia grandiflora* 216.52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Malus floribunda* 299.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Platanus*

orientalis 337.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Prunus serrulata* 215.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and *Rhododendron cynthia* 310.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The average AQI value was determined as 106.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The best air quality measurement was obtained from *Rhododendron cynthia* taxon (Table 4, Figure 5).

Table 4. Summer emission measurement and average AQI

Summer	Taxa name	Emissions				Average air quality index
		CO ₂	CO	PM ₂₅	PM ₁₀	
1	<i>Acer palmatum</i> 'Atropurpureum'	253.67	1.04	72.24	105.19	106.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	<i>Betula pendula</i>	351.62	2.94	62.79	94.26	
3	<i>Cedrus deodora</i>	314.44	2.66	65.84	91.63	
4	<i>Fagus sylvatica</i>	201.77	1.42	67.33	113.72	
5	<i>Laurus nobilis</i>	286.73	1.36	69.12	114.14	
6	<i>Magnolia grandiflora</i>	216.52	1.37	75.7	110.21	
7	<i>Malus floribunda</i>	299.87	1.61	63.99	97.62	
8	<i>Platanus orientalis</i>	337.25	2.05	70.28	92.44	
9	<i>Prunus serrulata</i>	215.19	1.86	71.85	107.11	
10	<i>Rhododendron cynthia</i>	310.37	1.58	60.93	101.0	

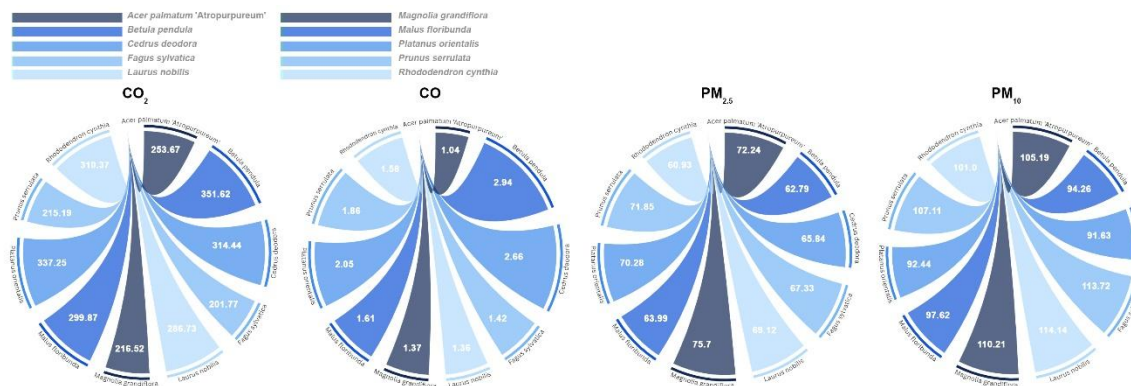


Figure 5. Summer emission graph

Looking at the emission results obtained during the autumn season, *Acer palmatum* 'Atropurpureum' had the value of 290.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Betula pendula* 274.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Cedrus deodora* 295.85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Fagus sylvatica* 244.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Laurus nobilis* 303.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Magnolia grandiflora* 202.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Malus floribunda* 272.99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Platanus*

orientalis 218.41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Prunus serrulata* 202.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and *Rhododendron cynthia* 201.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The average AQI value was determined as 124.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The best air quality measurement was obtained from *Rhododendron cynthia* taxon (Table 5, Figure 6).

Table 5. Autumn emission measurement and average AQI

Autumn	Taxa name	Emissions				Average air quality index
		CO ₂	CO	PM ₂₅	PM ₁₀	
1	<i>Acer palmatum</i> 'Atropurpureum'	290.75	2.94	67.77	109.31	124.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	<i>Betula pendula</i>	274.18	2.55	65.43	94.97	
3	<i>Cedrus deodora</i>	295.85	2.88	76.57	90.14	
4	<i>Fagus sylvatica</i>	244.58	2.79	67.14	110.39	
5	<i>Laurus nobilis</i>	303.99	2.2	65.62	107.67	
6	<i>Magnolia grandiflora</i>	202.63	2.84	70.85	108.23	
7	<i>Malus floribunda</i>	272.99	1.18	62.82	109.28	
8	<i>Platanus orientalis</i>	218.41	1.39	76.04	91.85	
9	<i>Prunus serrulata</i>	202.94	1.09	61.49	98.96	
10	<i>Rhododendron cynthia</i>	201.43	1.65	79.74	92.9	

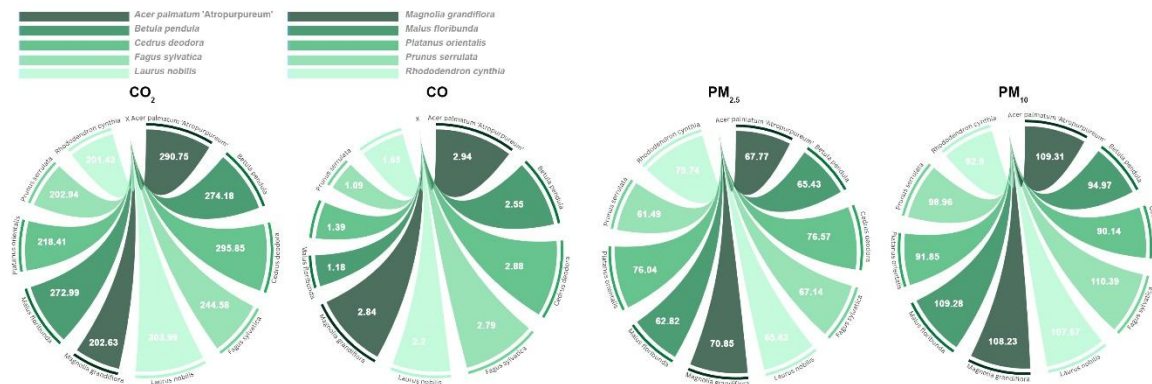


Figure 6. Autumn emission graph

During the winter season, *Acer palmatum* 'Atropurpureum' took the value of 413.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Betula pendula* 380.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Cedrus deodora* 409.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Fagus sylvatica* 374.96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Laurus nobilis* 289.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Magnolia grandiflora* 354.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Malus floribunda* 287.61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Platanus orientalis* 340.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, *Prunus serrulata* 364.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and *Rhododendron cynthia* 321.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The lowest value among average carbon monoxide (CO) emissions was recorded as 1.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in *Rhododendron cynthia* taxon (Table 6, Figure 7).

According to these findings, according to micro air quality measurements, the best air quality was found to be large, oval-leaved plants. When the evaluation was made according to the distinction between deciduous and evergreen plants, no significant results were obtained. 80% of these plants that improve air quality to the maximum extent are in tree form.

Table 6. Winter emission measurement and average AQI

Winter	Taxa name	Emissions				Average air quality index
		CO ₂	CO	PM _{2.5}	PM ₁₀	
1	<i>Acer palmatum</i> 'Atropurpureum'	413.12	2.14	81.61	106.63	107.96 µg/m ³
2	<i>Betula pendula</i>	380.43	2.16	79.76	105.66	
3	<i>Cedrus deodora</i>	409.76	2.34	79.10	102.04	
4	<i>Fagus sylvatica</i>	374.96	1.76	75.63	99.49	
5	<i>Laurus nobilis</i>	289.14	2.35	70.31	104.63	
6	<i>Magnolia grandiflora</i>	354.17	1.76	67.71	101.37	
7	<i>Malus floribunda</i>	287.61	2.05	61.62	99.15	
8	<i>Platanus orientalis</i>	340.17	1.63	63.74	98.61	
9	<i>Prunus serrulata</i>	364.11	1.17	61.25	95.64	
10	<i>Rhododendron cynthia</i>	321.01	1.03	58.46	94.96	

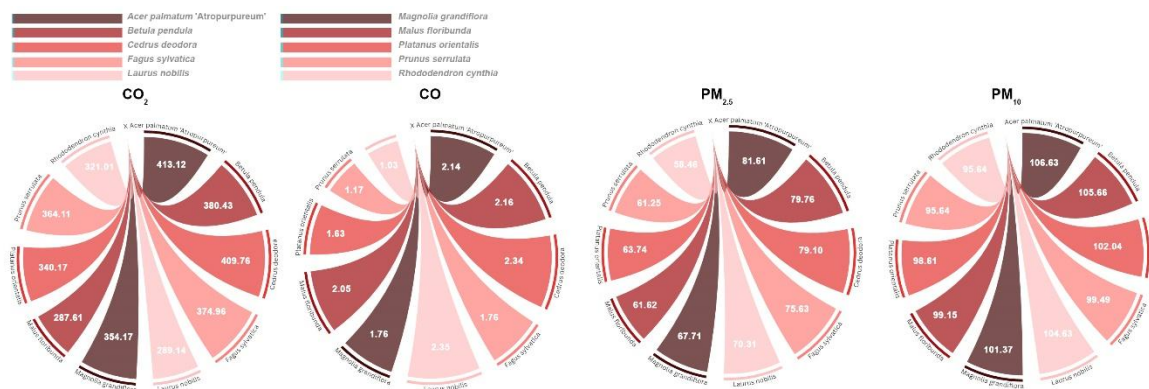


Figure 7. Winter emission graph

Analysis of Micro Air Quality Index Values According to Seasons

When the micro air quality index value is examined in the emission results obtained, it is 95.48 µg/m in the spring season, 106.87 µg/m³ in the summer season, 124.74

µg/m³ in the autumn season and 107.96 µg/m³ in the winter season. When the relationship between these values is evaluated, the best air quality was obtained in the spring season and the lowest air quality was obtained in the autumn season (Figure 8).

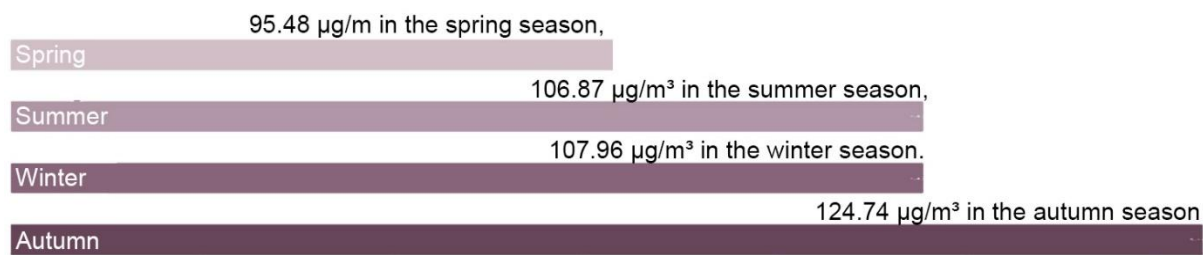


Figure 8. Avarage air quality index value between seasons

DISCUSSION

Broad-leaved plant species such as *Rhododendron cynthia* have been found to be more effective in improving air quality. This finding aligns with the studies conducted by

Nowak et al. (2006). Nowak et al. (2006) and Li et al. (2019) stated that broad-leaved trees are more effective in capturing particulate matter and gaseous pollutants, thereby playing a significant role in improving air quality. Additionally, another study conducted by Escobedo and

Nowak (2009) emphasized the potential of urban trees to reduce air pollution and noted that the effectiveness of different tree species varies in this regard. The results obtained in our study also support these findings. This finding is consistent with the literature, which suggests that plants with large leaf surface areas have a higher capacity to filter particulate matter and harmful gases (Steinparzer et al. 2023).

The study also revealed that tree-form plants have a higher capacity to improve air quality. According to the findings, 80% of the plants that enhance air quality are in tree form. This can be explained by the fact that trees have large surface areas, can filter more pollutants throughout their long lifespans, and provide a more continuous air purification potential in urban environments (Li et al. 2019). However, it has been determined that the impact of plants on micro air quality is related not only to leaf area but also to leaf shape. The findings indicate that broad and oval-leaved plants improve micro air quality more significantly. It is thought that oval-leaved plants filter atmospheric pollutants more efficiently due to their larger gas exchange surfaces. In particular, *Rhododendron cynthia* has been identified as the species that provides the best air quality throughout all four seasons.

The study by Leghari and Zaidi (2013) found that the morphological characteristics of different leaf types influence air quality. While this study shows similarities in this regard, the fact that *Rhododendron cynthia* was not included in that study constitutes a difference. It has been found that the effects of plant species on air quality vary seasonally. Specifically, air quality was observed to be better in spring and summer, whereas it decreased in autumn and winter. This situation can be associated with seasonal changes in photosynthetic activity and leaf density. The literature includes studies demonstrating that the effects of plants on air quality change seasonally (Manes et al. 2012, Sicard et al. 2018). These studies state that seasonal variations in leaf surface area and stomatal openings affect plants' capacity to remove air pollution. They also emphasize the significant role of urban green spaces in improving air quality.

It is scientifically recognised that vegetation can improve air quality (Leung et al. 2011, Li et al. 2023). and reduce global warming. However, since some plant species emit biogenic volatile organic compounds, planting some species increases the ambient concentration of ozone and particulate matter (Leung et al. 2011). Therefore, plant selection species should be very careful.

This finding is consistent with the studies conducted by Locosselli (2019). Locosselli stated that urban trees not only reduce air pollution but also contribute significantly to urban ecosystems by mitigating the urban heat island effect and enhancing biodiversity. Furthermore, a study conducted by Tülek et al. (2024) highlighted the carbon storage capacity of urban trees and their role in combating climate change. The results obtained in our study also support these findings.

RESULTS AND CONCLUSION

In this study, the effects of urban plants in Trabzon Atatürk Area Square Park on micro air quality were investigated. The analyses revealed the potential impacts of the plants in the park in reducing air pollution in the surrounding area. The results show that different plant species in the park, particularly large and oval-leaved species, significantly improved micro air quality. However, it was also found that the effects of plant species on air quality varied depending on seasonal changes.

Seasonal Differences and Results According to Emission Measurements

Measurements taken during the spring season showed that the overall air quality of the park was determined to be $95.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$, with the best air quality observed in *Rhododendron cynthia* (Table 3). This species exhibited the lowest emission value at $357.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, while the highest emission value among other species was recorded for *Acer palmatum* 'Atropurpureum' at $413.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In the summer season, the average air quality was $106.87 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and once again, *Rhododendron cynthia* showed the best air quality (Table 4). The highest

emission value in the summer season was measured for *Betula pendula* at 351.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

In the autumn season, it was determined that the air quality increased to 124.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, with *Rhododendron cynthia* again exhibiting the lowest emission value (Table 5). In the autumn, the highest emission value was recorded for *Acer palmatum* 'Atropurpureum' at 290.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In the winter season, the overall air quality was determined to be 107.96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, with the lowest CO emission recorded for *Rhododendron cynthia* at 1.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Table 6).

Effect of Plant Species

The results of the Analysis of Variance (ANOVA) revealed significant differences between plant species, indicating that these differences have a considerable impact on micro air quality. The ANOVA test showed a p-value below 0.05, confirming that there are statistically significant differences in micro air quality among the plant species. The findings of the study indicate that large-leaved plants, in particular, improve air quality more effectively. The species *Rhododendron cynthia* consistently provided the best air quality across all four seasons, supporting the notion that larger leaf surfaces can more efficiently filter particulate matter and harmful gases.

Analyses indicate that tree-form plants generally improve air quality more effectively. The study results show that approximately 80% of the plants that contribute most to air quality improvement are in tree form. This finding suggests that trees, with their large leaf areas and longer life cycles, provide greater air filtration, making them more effective in enhancing urban air quality.

Air Quality Improvement Potential

Especially considering that fine particles such as $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} are associated with respiratory and cardiovascular diseases, the capacity of plants to filter such harmful emissions is of great importance. *Rhododendron cynthia* species has reduced $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} levels to the lowest levels and the contribution of this species to air quality is

quite evident. For example, while the average $\text{PM}_{2.5}$ value of *Rhododendron cynthia* was 194.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the spring season, this value increased to 310.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the summer season. However, still maintaining the lowest emission level, the positive effect of this plant on air quality continued. Moreover, in terms of CO_2 emissions, *Rhododendron cynthia* species provided the lowest value with 321.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in winter season and it was observed that the capacity of this species to filter carbon emissions was higher than other species. The selection of such plants in urban areas plays an important role in reducing greenhouse gas emissions and mitigating warming effects.

As a result of micro air quality measurements, it was determined that there were significant differences between taxa. The analysis of these differences revealed that some plants positively affected the average AQI (Air Quality Index) values compared to others. In addition, another striking finding is that these plants generally have broad leaves or oval leaves. This result provides an important result in understanding the effect of leaf shape and surface properties on air quality. According to the findings, different effects on air quality were observed among plants such as *Acer palmatum* 'Atropurpureum', *Betula pendula*, *Cedrus deodora*, *Fagus sylvatica*, *Laurus nobilis*, *Magnolia grandiflora*, *Malus floribunda*, *Platanus orientalis*, *Prunus serrulata* and *Rhododendron cynthia*. The results show the effects of different plant species on air quality. When micro air quality measurements of plants such as *Acer palmatum* 'Atropurpureum', *Betula pendula*, *Cedrus deodora*, *Fagus sylvatica*, *Laurus nobilis*, *Magnolia grandiflora*, *Malus floribunda*, *Platanus orientalis*, *Prunus serrulata* and *Rhododendron cynthia* were made, it was determined that the best air quality was obtained from *Rhododendron cynthia*. Measurements made in each season show that *Rhododendron cynthia* has the lowest emission values. For example, 194.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ was recorded in spring, 310.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in summer, 201.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in autumn and 321.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in winter. Although the average AQI value also varies across seasons, it was always observed that *Rhododendron cynthia* was associated with the lowest air pollution. In addition, it was found that large, oval-leaved tree-shaped plants have a higher potential to improve air

quality according to plant species. However, the differences between deciduous and evergreen plants did not yield a significant result. In short, the positive effects of plants on air quality are particularly evident in species such as *Rhododendron cynthia*.

These analyses revealed that large and oval-leafed plants affect micro air quality more positively compared to other leaf forms. However, no significant difference was found based on the distinction between deciduous and evergreen plants. The fact that 80% of the plants that improve air quality the most are tree-shaped indicates that these species should be preferred primarily in urban landscaping arrangements.

These results emphasize the importance of plant selection in improving micro air quality and serve as a guide for more conscious landscaping practices that support environmental sustainability.

REFERENCES

- Bekar M, Kaya Şahin E, Güneroğlu N (2016) Trabzon Meydan Parkı bitkisel elemanların estetik ve işlevsel özelliklerinin kış peyzajı açısından incelenmesi. Uluslararası Kış Kentleri Sempozyumu (pp.883-895). Erzurum, Turkey.
- Cui T, Ye Z, Wang Z, Zhou J, He C, Hong S, Wu Q (2022) Inequalities in PM 2.5 and SO2 exposure health risks in terms of emissions in China, 2013–2017. *Atmosphere*, 13(9):1422. <https://doi.org/10.3390/atmos13091422>
- Escobedo FJ, Nowak DJ (2009) Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *Landscape and Urban Planning*, 90(3-4):102-110. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.10.021>
- Grote R, Samson R, Alonso R, Amorim JH, Cariñanos P, Churkina G, Calfapietra C (2016) Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(10):543-550. <https://doi.org/10.1002/fee.1437>
- Jin MY, Zhang LY, Peng ZR, He HD, Kumar P, Gallagher J (2024) The impact of dynamic traffic and wind conditions on green infrastructure performance to improve local air quality. *Science of the Total Environment*, 917:170211. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170211>
- Leghari SK, Zaidi M (2013) Effect of air pollution on the leaf morphology of common plant species of Quetta city. *Pak. J. Bot*, 45(S1):447-454.
- Li Y, Wang S, Chen Q (2019) Potential of thirteen urban greening plants to capture particulate matter on leaf surfaces across three levels of ambient atmospheric pollution. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3):402. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030402>
- Li Z, Zhang H, Juan YH, Lee YT, Wen CY, Yang AS (2023) Effects of urban tree planting on thermal comfort and air quality in the street canyon in a subtropical climate. *Sustainable Cities and Society*, 91:104334. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104334>
- Livesley SJ, McPherson EG, Calfapietra C (2016) The urban forest and ecosystem service: impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street and city scale. *Journal of Environmental Quality*, 45:119-124. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567>
- Leung DYC, Tsui JKY, Chen F, Yip WK, Vrijmoed LLP, Liu CH (2011) Effects of urban vegetation on urban air quality. *Landscape Research*, 36(2):173-188. <https://doi.org/10.1080/01426397.2010.547570>
- Locosselli GM, de Camargo EP, Moreira TCL, Todesco E, de Fátima Andrade M, de André CDS, Buckeridge MS (2019) The role of air pollution and climate on the growth of urban trees. *Science of the Total Environment*, 666:652-661. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.281>
- Nowak DJ, Rowntree RA, McPherson EG, Sisinni SM, Kerkmann E, Stevens JC (1996) Measuring and analyzing urban tree cover. *Landscape and Urban Planning*, 36:49-57. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(96\)00308-6](https://doi.org/10.1016/0169-2046(96)00308-6)
- Nowak DJ (2002) The effects of urban trees on air quality. USDA Forest Service, 96-102.
- Nowak DJ, Crane DE, Stevens JC (2006) Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(3-4):115-123. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>
- Nowak DJ, Greenfield EJ, Hoehn RE, Lapoint E (2013) Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*, 178:229-236. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.019>
- Paoletti E, Karnosky DF, Percy KE (2004) Urban trees and air pollution. *Forestry Serving Urbanised Societies*, 14:129-154.
- Sancar C, Acar C (2016) Türkiye’de kent peyzajının yeni yüzleri olarak meydanlar: Trabzon-Ortahisar “Atatürk Alanı” dönüşüm projesi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 6(13).
- Saxena P, Naik V (2019) Air pollution: sources, impacts, and controls. CAB International, 11-12.
- Steinparzer M, Schaubmayr J, Godbold DL, Rewald B (2023) Particulate matter accumulation by tree foliage is driven by leaf habit types, urbanization and pollution levels. *Environmental Pollution*, 335: 122289. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122289>
- Tülek B, Sarı D, Şahin Körmeçli P (2024) Ecosystem services provided by urban woody plants in the context of spatial relations: Çankırı case area. *Dendrobiology*, 91:100-112. <https://doi.org/10.12657/denbio.091.008>
- URL-1 Atatürk Alanı Meydan Parkı Haritası. <https://www.haritamap.com/yer/347835/ataturk-alani-meydan-parki.html>, Accessed: 06.01.2025.
- Vashist M, Kumar TV, Singh SK (2024) Assessment of air quality benefits of vegetation in an urban-industrial region of India by integrating air monitoring with i-Tree Eco model. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 52(7):2300198. <https://doi.org/10.1002/clen.202300198>
- Xiao Q, McPherson EG (2002) Rainfall interception by Santa Monica’s municipal urban forest. *Urban Ecosystems*, 6:291-302. <https://doi.org/10.1023/A:1020193327154>
- Xing YF, Xu YH, Shi MH, Lian YX (2016) The impact of PM2.5 on the human respiratory system. *Journal of Thoracic Disease*, 8(1):E69. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19>
- Yang L, Li C, Tang X (2020) The impact of PM2.5 on the host defense of the respiratory system. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 8:91. <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00091>
- Yang S, Fang D, Chen B (2019) Human health impact and economic effect for PM2.5 exposure in typical cities. *Applied Energy*, 249:316-325. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.113>
- Zhu Y, Chen Q, Li G, She J, Zhu Y, Sun W, Wang Q (2023) Source and health risk apportionment of PM10 based on heavy metals in a city on the edge of the Tengger Desert. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 16(2):391-399. <https://doi.org/10.1007/s11869-023-01274->

Sıvı Azot Ön İşlemi ve Boraks Uygulamasının Sarıçam Ağaç Malzemenin Yanma Özelliklerine Etkisi

The Effect of Liquid Nitrogen Pretreatment And Borax Application on The Combustion Properties of Scots Pine Wood Material

Cemal ÖZCAN¹, Osman ÇALIM², Süleyman ÖZCAN*¹

¹Karabük Üniversitesi, Safranbolu Fethi Tokar Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi Endüstriyel Tasarım Bölümü, Safranbolu, Karabük

²Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Karabük

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article
DOI: 10.17474/artvinofd.1650829

*Sorumlu yazar/Corresponding author
Süleyman ÖZCAN
e-mail: suleymanozcan@karabuk.edu.tr

Geliş tarihi / Received

04.03.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

14.05.2025

Kabul tarihi / Accepted

13.06.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Sıvı azot
Boraks
Yanma
Sarıçam

Keywords:

Liquid nitrogen
Borax
Combustion
Scots pine

Özet

Bu çalışmada, sıvı azot ön işlemi uygulanan emprenyeli sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaç malzemenin yanma özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda şu numune grupları hazırlanmıştır: Ön işlem görmemiş emprenyesiz kontrol numuneleri, emprenye işlemi uygulanmış numuneler, sıvı azot ön işlemi uygulanmış numuneler, emprenye işlemi ve sıvı azot ön işlemi uygulanmış numuneler. Yanma testi ASTM-E 69 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Kütle kaybı, gazların salınımı (CO ppm, NO ppm, % O₂), baca ve yanma sıcaklığı farkları yanma sırasında her 30 saniye için belirlenmiştir. Veriler analiz edilmiş ve farklı uygulamaların etkinliği tartışılmıştır. Sonuç olarak sıvı azot ön işlemi ile muamele etmenin, ağaç malzemedeki sağlanan boraks retensiyonunu %30'a yakın arttırdığı görülmüştür. Bu artış, kütle kaybını alevli yanma sonunda %7, yanma sonunda %2 azaltmıştır. Burada ağaç malzemenin içerisinde tutulan koruyucu ve yangın geciktirici madde miktarının artması hem emprenye kalitesini hem de ağaç malzemenin kullanım ömrünü pozitif etkilemiştir.

Abstract

In this study, the effects of liquid nitrogen pretreatment on the combustion properties of impregnated Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood were investigated. For this purpose, the following sample groups were prepared: Unpretreated and unimpregnated control samples, impregnated samples, liquid nitrogen pretreated samples, impregnated and liquid nitrogen pretreated samples. The combustion test was carried out according to ASTM-E 69 standard. Mass loss, gas release (CO ppm, NO ppm, % O₂), flue and combustion temperature differences were determined for every 30 seconds during combustion. The data were analyzed and the effectiveness of different applications was discussed. As a result, it was seen that liquid nitrogen pretreatment increased the borax retention provided in the wood material by nearly 30%. This increase decreased the mass loss by 7% at the end of flaming combustion and by 2% at the end of combustion. Here, the increase in the amount of protective and fire retardant substances held in the wood material has a positive effect on both the impregnation quality and the service life of the wood material.

GİRİŞ

Ağaç malzeme iç ve dış mekânların işlevsel hale getirilmesinde kullanılan önemli bir yapı malzemesidir. Yenilenebilir bir kaynak olarak ağaç malzeme hem geleneksel hem de yeni teknolojiler için sürdürülebilir çözümler sunarak endüstride önemli bir rol oynamaya devam etmektedir (Zhu ve ark. 2016). Ağaç malzemeleri biyolojik, mekanik etkenlere karşı korumak ve kullanım ömrünü artırmak için emprenye işlemleri uygulanır. Emprenye işleminin diğer bir faydası da, yangın geciktirici kimyasallar kullanılarak ağaç malzemenin yanmasının geciktirilmesine imkân sunmasıdır (Seo ve ark. 2017). Borik asit ve boraks uygulamalarının ağaç malzemelerin

yanma direncini önemli ölçüde artırabildiği bilinmektedir. Çok sayıda çalışma, bor bileşiklerinin yanma sırasında kütle kaybını azalttığını ve uygulama yapılmamış ağaç malzemeye kıyasla yanma sıcaklıklarını düşürdüğünü göstermiştir (Yapıcı ve ark. 2011, Keskin ve ark. 2013, Wu ve Xu 2014, Yüksel ve ark. 2014, Yu ve ark. 2017). Sıvı azot ön işlem uygulaması, ağaç malzemenin emprenye ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinde umut verici sonuçlar göstermiştir (Lu ve ark. 2012, Zhao ve ark. 2015, Kurt 2022). Emprenye işlemlerinin daha etkili yapılabilmesi için son yıllarda sıvı azot ön işlem uygulaması ile ilgili çalışmalar yapıldığı, bu uygulamanın emprenye işlemlerinde ve retensiyon değerlerinde olumlu sonuçlar sağladığı görülmüştür (Kurt ve ark. 2012,

Özcan ve ark. 2016, Yörür ve ark. 2017, Stepina ve Yulia 2023). Buna bağlı olarak bazı emprenye ünitelerine sıvı azot modülü eklenerek yeni sistemler geliştirilmiştir (Kurt ve ark. 2014, Yörür ve Kayahan 2018). Bu çalışmada, emprenye işlemlerinde olumlu sonuçlar alınan sıvı azotla ön işleme tabi tutulmuş ve boraksla emprenye edilmiş sarıçam ağaç malzemenin yanma özellikleri araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Ağaç Malzeme

Bu çalışmada; mobilya ve ahşap yapı sektöründe sıklıkla tercih edilen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), ağaç malzemesi kullanılmıştır. Ağaç malzemeler, piyasadan “Rasgele Seçim” metodu ile temin edilmiştir. Ağaç malzemeler, hava kurusu hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutma sonrası malzemelerin önce kaba kesimi yapılmıştır. Daha sonra net ölçülere getirilen numunelerden kontrol ve diğer deney varyasyonları için deney örnekleri tasnif edilmiştir.

Sıvı Azot

Sıvı halde -197 °C olan azot atmosferin %78’ini oluşturmaktadır. Ayrıca azot endüstride birçok alanda sıklıkla kullanılan bir gazdır. Dondurucu bir sıvı olduğu için canlı dokuyla temas etmesi ani donmaya sebebiyet

verebilir. Sıvı azot suyun donma noktasının çok altındaki sıcaklıklarda sıvı kalabilme özelliği sayesinde birçok alanda kullanım imkânı sunmaktadır. Sıvı azotun Fiziksel özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir (Habaş 2023)

Çizelge 1. Sıvı azotun fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	
Maddenin hali	Gaz
Gaz haldeki yoğunluğu	1.1850 kg/m ³
Sıvı haldeki yoğunluğu	0.806 kg/lit
Ergime noktası	-210.00 °C
Kaynama noktası	-195.8 °C

Boraks

Boraks, taze kerestenin difüzyon yöntemi kullanılarak emprenye edilmesi sürecinde kullanılan kimyasal bir maddedir. Kerestenin kalınlığına bağlı olarak, %5 ile %15 arasında değişen konsantrasyonlarda uygulanması önerilmektedir. Boraks, kerestede mavi renk oluşumunu engellemekte ve küf mantarlarının gelişimini önlemektedir. Ayrıca, yangın gibi, ağaç malzemenin yüksek sıcaklıkla karşı karşıya kaldığı durumlarda, dış tabakalardaki suyu süratle dışarı vererek hızla kömürleştirmesi ve böylece kömürleşen dış tabakadan içeriye ısının iletilmesini önleyerek yavaş yanmayı temin etmesi ile yangında acil müdahaleye zaman kazandırarak can ve mal kaybını azaltmaktadır (Hafızoğlu ve ark. 1994).

Çizelge 2. Emprenye maddesinin özellikleri ve test planı

Kullanılan kimyasal madde	Çözelti konsantrasyonu	Çözücü madde	Safılık	pH		Yoğunluk (g/ml)	
				Emprenye öncesi	Emprenye sonrası	Emprenye öncesi	Emprenye sonrası
Boraks	% 5	Saf su	% 99	5.23	5.30	1.02	1.02

Hava Kurusu Yoğunluk

Numunelerin nem içerikleri, TS 2471 standardına uygun şekilde belirlenirken, yoğunlukları ise TS 2472 standardının belirlediği esaslar doğrultusunda tespit edilmiştir. Bu kapsamda; deney numuneleri, 20 ± 2 °C sıcaklık ve %65 ± 3 bağıl nem koşullarını sağlayan kontrollü bir kabin içerisinde, sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Ardından, 0.001 g hassasiyetindeki analitik terazi kullanılarak ağırlıkları ölçülmüş, boyutları ise ± 0.01 mm hassasiyetindeki kumpas ile ölçülerek hacimleri hesaplanmıştır. Hava kurusu durumundaki

ağırlık (M_{12}) ve hacim (V_{12}) değerleri kullanılarak, hava kurusu yoğunluk (D_{12}) değeri belirlenmiştir.

$$D_{12} = M_{12}/V_{12} \text{ g/cm}^3 \quad (1)$$

eşitliği kullanılarak belirlenmiştir. Burada;

M_{12} : Örnek ağırlığını (g), V_{12} : Örnek hacmini (cm³) ifade etmektedir.

Deney Örneklerinin Hazırlanması

Kaba kesimi yapılan test numuneleri, iklimlendirme dolabında 20 ± 2 °C ve %65 ± 3 bağıl nemde stabil hale

gelene kadar klimatize edilerek ASTM E-69 standardına uygun olarak 9x19x1016 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Burada %12 rutubet oranına getirilen örnekler, sıvı azotun retensiyon miktarındaki değişime etkisini belirlemek amacıyla -195°C de sıvı azot tankında 1 saat bekletilmiştir. Suda çözünen emprenye maddeleri için retensiyon miktarı (R, kg/m³)

$$R = G \times C / V \times 10 \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (2)$$

eşitliği kullanılarak belirlenmiştir. Burada;

$$G = T_2 - T_1$$

T1: Deneş örneğinin emprenye öncesi ağırlığı (g), T2: Deneş örneğinin emprenye sonrası ağırlığı (g), V: Örnek hacmini (m³), C: Çözeltili konsantrasyonunu ifade etmektedir.

Alınan örnekler emprenye öncesi %12 rutubete getirilmek için iklimlendirme dolabında denge rutubetine erişinceye kadar bekletilmişlerdir. Hazırlanan numuneler ASTM D 1413-76 standardına uygun olarak uzun süreli daldırma yöntemi ile 36 saat boyunca emprenye çözeltilisinde bekletilmiştir. Emprenye işleminden sonra, numuneler çözücünün buharlaşması için 15 gün süreyle hava sirkülasyonu altında 20 ± 2 °C sıcaklıkta ve %65 ± 3 bağıl nemde tutulmuştur. Bu süreden sonra, emprenye edilmiş numuneler sabit ağırlığa ulaşana kadar 103 ± 2 °C'de fırında kurutularak yanmaya hazır hale getirilmiştir. Numunelerin emprenye işlemi öncesi ve son kurutma

işlemi sonrasında ağırlıkları hassas terazide tartılarak kaydedilmiştir.

Yanma Deneyleri

Ağaç malzeme yanma deneyleri, ASTM E-69 standartlarına göre düzenlenmiş bilgisayar kontrollü yanma düzeneğinde yapılmıştır. Düzenekte malzemelerin yandığında kütleşel değişikliğini belirlemek için 0.01 g hassasiyete sahip bir dijital terazi, alev oluşturmak için bütan gazı kullanılmıştır. Gaz akışı standart, alev yüksekliği 25 cm ve sıcaklık 1000 °C olarak belirlenmiştir. Düzenek içine asılan test numunelerinin alt ucu ile gaz borusunun tepe noktası arasındaki mesafe 2.54 cm olarak ayarlanmıştır.

Test sırasındaki kütleşel değişiklikler ve sıcaklık her 30 saniyede bir kaydedilmiştir. Test kabiniinde doğal çekişli bir baca kullanılmıştır. Yanma testinin başlangıcında alev kaynağı 4 dakika kullanıldıktan sonra alınarak 6 dakika yanma alev kaynağı olmadan devam ettirilmiş ve toplamda 10 dk süre sonunda ölçümler sonlandırılmıştır. Ölçümlerde Testo 350 M ve XL baca gazı analizörleri, salınan gazların (CO ppm, NO ppm, %O₂) konsantrasyonunu ve sıcaklık değişimini ölçmek için kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Sarıçam ağaç malzemenin tam kuru ve hava kurusu yoğunluk değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Sarıçam ağaç malzemenin yoğunluk değerleri (g/cm³)

Tam Kuru Yoğunluk g/cm ³	Hava Kurusu Yoğunluk g/cm ³	Sıvı Azot Ön İşlem Uygulaması Sonrası Yoğunluk g/cm ³
0.48	0.52	0.51

Sıvı azot ön işlem uygulamasından sonra yoğunluktaki kısmi düşüş ekstraktif maddelerin uzaklaşarak hücre dışına çıkmasından kaynaklanabilir (Aytaşkın 2009). Sarıçam ağaç malzemenin emprenye sonrası retensiyon değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Sarıçam ağaç malzemenin retensiyon değerleri (kg/m³)

Kontrol	Sıvı Azot Ön İşlemli
1.73	2.29

Sarıçam ağaç malzeme örneklerine sıvı azot ön işlem uygulamasının, tıkalı halde veya aspirasyon halinde bulunan kenarlı geçitleri bozundurarak açtığı ve sıvının ağaç malzeme boyunca taşınmasını kolaylaştırdığı görülmüştür. Yani kriyojenik işlem, emprenye çözeltilisinin ağaç malzemeye alınımını artırmıştır (Yörür ve Kayahan 2018).

Kurt (2022) çalışmasında, emprenye öncesi sıvı azot ile ön işleme tabi tutulan örneklerde, kontrol grubu örneklerine nazaran retensiyonun ortalama %150-200 oranında arttığını belirlemiştir. He ve ark. (2014), sıvı geçirgenliğini arttırmak için Çin göknarı odununa mikrodalga (MW) ön işlem metodu uygulamışlardır. Çin göknarının MW ön işlemi neticesinde, mekanik özelliklerde önemli ölçüde bir etkilenme söz konusu olmadan daha iyi bir geçirgenlik elde edebilmek için optimum 14 parametre belirlemiştir. Örnekler SEM ile incelendiğinde geçitlerin tahrip edildiğini ve hücre çeperlerinde hasarlar meydana geldiğini gözlemlemiştir. Yörür ve ark.

(2017), Sarıçam ve Doğu ladini odun örneklerine 30 dakika süreyle sıvı nitrojen ön işlemi uygulamışlar ve Firetex ile emprenye işlemi sonrasında da retensiyon miktarının arttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, sıvı azot ön işleminin mekanik özellikler üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığını da bildirmişlerdir.

Sarıçam ağaç malzemesinin kontrol ve ön işlem görmüş emprenyeli örneklerine uygulanan yanma deneyleri sonucunda elde edilen % ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler, Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde ölçülen % ağırlık kaybı değerleri

Ölçüm (30sn)	Kontrol	Azot ön işlemlili	Emprenyeli	Azot ön işlemlili emprenyeli	Ölçüm (30sn)	Kontrol	Azot ön işlemlili	Emprenyeli	Azot ön işlemlili emprenyeli
1*	4.13	3.09	3.64	3.21	11	73.80	76.11	32.46	29.30
2*	8.86	7.44	7.36	6.36	12	82.81	82.73	32.55	29.72
3*	13.97	14.64	10.52	8.75	13	87.74	86.80	33.05	30.20
4*	20.68	23.92	13.41	11.45	14	89.85	90.29	33.16	31.21
5*	27.68	29.91	17.35	14.21	15	95.29	91.42	33.65	32.80
6*	35.03	37.81	21.90	17.66	16	96.53	94.06	33.74	33.34
7*	42.11	44.78	26.58	22.86	17	97.10	96.43	33.82	33.46
8*	47.43	50.17	29.29	27.40	18	97.46	97.40	34.28	33.56
9	56.17	56.93	30.89	28.33	19	97.67	98.50	34.44	33.81
10	63.81	66.10	31.96	28.54	20	98.16	98.77	34.64	33.93

*Alev kaynaklı yanma

Sarıçam ağaç malzemesi yanma deneyleri sonucunda elde edilen ortalama ağırlık kaybı yüzdelerine göre; alev kaynaklı yanma sürecinin sonunda en yüksek ağırlık kaybı, %50.17 ile yalnızca azot ön işlemi uygulanmış örneklerde, en düşük ağırlık kaybı ise %27.40 ile azot ön işlemlili emprenyeli örneklerde tespit edilmiştir. Yanma sürecinin tamamlanmasının ardından ise en yüksek ağırlık kaybı, %98.77 ile yine azot ön işlemi uygulanmış örneklerde, en düşük ağırlık kaybı ise %33.93 ile azot ön işlemlili emprenyeli örneklerde belirlenmiştir.

Yanma deneyleri sonucunda elde edilen ağırlık kaybı yüzdeleri incelendiğinde; alev kaynaklı yanma sürecinin sonunda (8. ölçüm) en yüksek ağırlık kaybı, azot ön işlemi uygulanmış örneklerde gözlemlenmiştir. Diğer örneklerin ağırlık kaybı değerleri, azot ön işlemi uygulanmış örneklerle kıyasla; kontrol örneklerinde %6, emprenyeli örneklerde %71 ve azot ön işlemlili emprenyeli örneklerde ise %83 oranında daha düşük bulunmuştur. Yanma

sürecinin tamamlanmasının ardından (20. ölçüm) ise en yüksek ağırlık kaybı yine azot ön işlemlili örneklerde olup, diğer örneklerin ağırlık kaybı değerleri, azot ön işlemlili örneklerle göre; kontrol örneklerinde %0.6, emprenyeli örneklerde %185 ve azot ön işlemlili emprenyeli örneklerde ise %191 oranında daha düşük tespit edilmiştir. Kurt ve Mengeloğlu (2008), yaptıkları çalışmanın sonucunda, yanma özelliklerinin Borik Asit/Boraks ilavesiyle arttığını ifade etmişlerdir.

Sarıçam ağaç malzemesinin kontrol ve ön işlem görmüş örneklerinin yanma deneyi sonucunda elde edilen üst sıcaklık ölçümlerine ait ortalama değerler Çizelge 6'da, verilmiştir.

Çizelge 6. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde ortalama üst sıcaklık değerleri (°C)

Ölçüm (30sn)	Kontrol	Azot ön işlemlili	Emprenyeli	Azot ön işlemlili emprenyeli	Ölçüm (30sn)	Kontrol	Azot ön işlemlili	Emprenyeli	Azot ön işlemlili emprenyeli
1*	63.70	84.70	111.40	89.66	11	510.07	473.21	176.73	173.39
2*	80.51	107.91	131.60	109.54	12	551.79	548.58	164.66	159.44
3*	101.37	133.64	149.66	126.64	13	541.86	557.29	154.86	147.70
4*	125.96	161.40	175.40	147.45	14	491.80	536.08	145.93	139.11
5*	155.44	189.34	196.20	165.32	15	426.43	482.54	139.60	131.36
6*	184.84	214.08	215.06	181.46	16	362.00	410.80	131.33	124.27
7*	207.54	235.95	219.73	199.15	17	312.85	355.29	126.40	116.91
8*	231.28	261.73	216.20	207.78	18	274.92	316.59	121.53	111.43
9	288.68	300.28	209.13	207.19	19	244.54	288.05	117.06	106.23
10	395.73	376.67	190.86	189.67	20	223.73	254.67	103.06	102.50

*Alev kaynaklı yanma

Sarıçam ağaç malzemesinin kontrol ve ön işlem görmüş örneklerine uygulanan yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerlerinin ortalamaları incelenip, her grubun ulaştığı en yüksek değerler kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda; en yüksek üst sıcaklık değeri 551.79 °C ile kontrol örneklerinde kaydedilirken, en düşük üst sıcaklık değeri ise 219.73 °C ile emprenyeli örneklerde tespit edilmiştir.

Sarıçam ağaç malzemesinin yanma deneyleri sonucunda elde edilen üst sıcaklık değerleri analiz edildiğinde; en yüksek üst sıcaklık değerlerinin azot ön işlemlili örneklerde gözlemlendiği belirlenmiştir. Diğer örneklerin üst sıcaklık

değerleri, azot ön işlemlili örneklerle kıyasla; kontrol örneklerinde %0.9, emprenyeli örneklerde %154 ve azot ön işlemlili emprenyeli örneklerde ise %168 oranında azalma göstermiştir. Yüksel ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada, borlu bileşiklerle muamele edilmiş ahşap numunelerin kütle kaybı ve sıcaklık değerlerinin üç yanma aşamasında da muamele edilmemiş ahşap numunelere kıyasla daha düşük olduğunu göstermiştir.

Sarıçam ağaç malzemesinin kontrol ve ön işlem görmüş örneklerinin yanma deneyleri sonucunda elde edilen %O₂ ölçümlerine ait ortalama değerler, Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde % O₂ ortalama değerleri

Ölçüm (30sn)	Kontrol	Azot ön işlemlili	Emprenyeli	Azot ön işlemlili emprenyeli	Ölçüm (30sn)	Kontrol	Azot ön işlemlili	Emprenyeli	Azot ön işlemlili emprenyeli
1*	20.75	20.50	20.30	20.05	11	17.67	17.24	20.54	20.25
2*	20.51	19.59	19.80	19.75	12	17.41	17.77	20.76	20.51
3*	20.19	18.81	19.26	19.64	13	17.32	18.48	20.82	20.56
4*	19.95	18.17	19.19	19.59	14	17.55	19,07	20.84	20.65
5*	19.65	17.65	18.91	19.31	15	18.17	20,02	20.87	20.71
6*	19.32	17.50	18.76	19,10	16	18.76	20.59	20.96	20.73
7*	18.95	17.39	18.54	19,07	17	19.76	20.77	20.97	20.73
8*	18.60	17.35	19.25	19,05	18	20.56	20.83	20.97	20.74
9	18.25	17.28	19.44	19,29	19	20.86	20.82	20.97	20.74
10	17.95	17.25	19.88	19.86	20	20.94	20.85	20.98	20.74

*Alev kaynaklı yanma

Sarıçam ağaç malzemesinin kontrol ve ön işlem görmüş örneklerine uygulanan yanma deneyleri sonucunda elde edilen %O₂ ortalama değerler incelenip, her grubun ulaştığı en düşük değerler kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda; en düşük %O₂ değeri, yani en yüksek oksijen kaybı, %17.24 ile azot

ön işlemlili örneklerde tespit edilirken, en yüksek %O₂ değeri, yani en az oksijen kaybı, %19.05 ile azot ön işlemlili emprenyeli örneklerde kaydedilmiştir.

Sarıçam ağaç malzemesinin yanma deneyleri sonucunda elde edilen %O₂ değerleri incelendiğinde; en düşük %O₂ değerlerinin azot ön işlemlenmiş örneklerde gözlemlendiği belirlenmiştir. Diğer örneklerin %O₂ değerleri, azot ön işlemlenmiş örneklere kıyasla; kontrol örneklerinde %0.4,

emprenyeli örneklerde %7 ve azot ön işlemlenmiş emprenyeli örneklerde ise %9 oranında artış göstermiştir. Malzemenin kontrol ve ön işlem görmüş örneklerinin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler, Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde CO ortalama değerleri (ppm)

Ölçüm (30sn)	Kontrol	Azot ön işlemlenmiş	Emprenyeli	Azot ön işlemlenmiş emprenyeli	Ölçüm (30sn)	Kontrol	Azot ön işlemlenmiş	Emprenyeli	Azot ön işlemlenmiş emprenyeli
1*	11.80	25.00	115.30	70.30	11	410.90	394.00	137.60	207.40
2*	27.30	86.00	190.00	110.30	12	494.50	283.00	126.70	175.30
3*	48.70	126.00	220.30	127.90	13	500.60	237.00	106.90	113.30
4*	75.10	150.00	270.70	145.30	14	449.90	226.00	97.20	75.40
5*	117.30	169.00	238.70	176.30	15	335.00	206.00	79.80	61.10
6*	156.60	206.00	217.30	236.00	16	269.50	172.00	58.40	53.80
7*	188.50	288.00	212.30	241.60	17	199.00	129.00	54.30	48.30
8*	247.00	368.00	182.30	240.60	18	146.50	84.00	30.60	20.80
9	296.60	431.00	164.50	236.10	19	101.40	47.00	19.40	11.81
10	355.70	475.00	154.50	232.60	20	61.90	31.00	9.30	7.80

*Alev kaynaklı yanma

Sarıçam ağaç malzemesinin kontrol ve ön işlem görmüş örneklerine uygulanan yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO (karbon monoksit) ortalama değerler incelenip, her grubun ulaştığı en yüksek değerler kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda; ; en yüksek CO değeri 500.60 ppm ile kontrol örneklerinde tespit edilirken, en düşük CO değeri ise 241.60 ppm ile azot ön işlemlenmiş emprenyeli örneklerde kaydedilmiştir.

Sarıçam ağaç malzemesinin yanma deneyleri sonucunda elde edilen CO değerleri incelendiğinde; en yüksek CO değerlerinin kontrol örneklerinde gözlemlendiği belirlenmiştir. Diğer örneklerin CO değerleri, kontrol örneklerine kıyasla; azot ön işlemlenmiş örneklerde %5, emprenyeli örneklerde %85 ve azot ön işlemlenmiş emprenyeli örneklerde ise %107 oranında azalma göstermiştir. Sarıçam ağaç malzemesinin kontrol ve ön işlem görmüş örneklerinin yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO (azot oksit) ölçümlerine ait ortalama değerler, Çizelge 9'da sunulmuştur.

Çizelge 9. Sarıçam ağaç malzeme örneklerinde NO ortalama değerleri (ppm)

Ölçüm (30sn)	Kontrol	Azot ön işlemlenmiş	Emprenyeli	Azot ön işlemlenmiş emprenyeli	Ölçüm (30sn)	Kontrol	Azot ön işlemlenmiş	Emprenyeli	Azot ön işlemlenmiş emprenyeli
1*	1.22	2.00	1.00	0.80	11	15.25	23.00	9.00	10.20
2*	2.68	4.00	2.30	3.80	12	15.62	21.00	6.00	7.20
3*	4.12	7.00	4.10	5.60	13	17.02	17.00	4.40	4.00
4*	5.10	11.00	5.90	7.00	14	13.60	13.00	3.40	3.20
5*	7.02	15.00	8.30	9.40	15	11.45	7.00	2.10	2.60
6*	8.78	17.00	10.00	11.60	16	9.22	3.00	1.30	2.10
7*	10.45	17.00	12.00	13.40	17	5.32	2.00	0.80	1.10
8*	11.05	17.00	15.00	14.00	18	1.81	1.00	0.60	0.70
9	12.34	18.00	17.00	17.60	19	1.02	1.00	0.40	0.50
10	13.24	20.00	12.00	13.80	20	0.02	1.00	0.20	0.30

*Alev kaynaklı yanma

Sarıçam ağaç malzemesinin kontrol ve ön işlem görmüş örneklerine uygulanan yanma deneyleri sonucunda elde edilen NO (azot oksit) ortalama değerler incelenip, her grubun ulaştığı en yüksek değerler kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda; en yüksek NO değeri 23 ppm ile azot ön işlemlenmiş örneklerde tespit edilirken, en düşük NO değeri ise 17.02 ppm ile kontrol örneklerinde kaydedilmiştir.

Sarıçam ağaç malzemesinin yanma deneylerinde ölçülen NO değerleri incelendiğinde; en düşük NO değerlerinin kontrol örneklerinde gözlemlendiği belirlenmiştir. Diğer örneklerin NO değerleri, kontrol örneklerine kıyasla; azot ön işlemlenmiş örneklerde %98, emprenyeli örneklerde %9 ve azot ön işlemlenmiş emprenyeli örneklerde ise %93 oranında artış göstermiştir. Malzemelerin baca sıcaklığına ait ortalama değerler, Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10. Sarıçam ağaç malzemesinin baca sıcaklığı ortalama değerleri(°C)

Ölçüm (30sn)	Kontrol	Azot ön işlemlenmiş	Emprenyeli	Azot ön işlemlenmiş emprenyeli	Ölçüm (30sn)	Kontrol	Azot ön işlemlenmiş	Emprenyeli	Azot ön işlemlenmiş emprenyeli
1*	46.1	56.0	93.7	88.5	11	195.3	190.8	76.6	90.2
2*	60.6	80.8	105.7	96.9	12	197.3	187.8	69.3	72.8
3*	75.0	102.0	111.3	102.4	13	181.9	181.8	67.3	64.5
4*	89.9	120.5	126.0	108.8	14	161.4	169.4	63.4	59.8
5*	105.6	137.1	127.9	123.2	15	143.7	152.1	60.2	57.2
6*	120.6	148.7	135.1	134.5	16	125.0	137.2	59.7	54.9
7*	130.5	158.8	131.3	135.4	17	111.2	122.9	56.9	53.7
8*	143.0	168.7	123.9	133.4	18	101.6	112.5	55.9	52.2
9	172.00	180.5	96.5	125.1	19	95.2	93.1	53.6	50.9
10	178.8	191.0	82.1	100.2	20	79.9	75.7	52.0	49.1

*Alev kaynaklı yanma

Sarıçam ağaç malzemesinin kontrol ve ön işlem görmüş örneklerine uygulanan yanma deneyleri sonucunda ölçülen baca sıcaklığı ortalama değerler incelenip, her grubun ulaştığı en yüksek değerler kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda; en fazla baca sıcaklığı 197.3 °C ile kontrol örneklerinde tespit edilirken, en düşük baca sıcaklığı ise 135.1 °C ile emprenyeli örneklerde kaydedilmiştir.

Sarıçam ağaç malzemesine uygulanan deneyler sonucu ölçülen baca sıcaklığı değerlerinde; en yüksek değerlerin kontrol örneklerinde gözlemlendiği belirlenmiştir. Diğer örneklerin baca sıcaklığı değerleri, kontrol örneklerine kıyasla; azot ön işlemlenmiş örneklerde %3, emprenyeli örneklerde %46 ve azot ön işlemlenmiş emprenyeli örneklerde ise %46 oranında azalma göstermiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak; sıvı azot ile ön işleme tabi tutmanın, ağaç malzemesinin retensiyonunu arttırdığı görülmüştür. Ağaç malzemesinin içerisinde tutulan yani alınan koruyucu ve yangın geciktirici madde miktarı arttığından dolayı da emprenye kalitesi ve ağaç malzemesinin kullanım ömrü pozitif etkilenmiştir.

Yanma deneyleri sonucunda; sıvı azot ön işlemlenmiş örneklerin kontrol örneklerinden daha hızlı yandığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden sıvı azot ön işlemeyle birlikte emprenye uygulamalarının yanmayı geciktirme de önemli olduğu unutulmamalıdır.

Sıvı azot ön işleme uygulanarak emprenye edilen ağaç malzemelerin, sadece emprenyeli ağaç malzemelere kıyasla ağırlık kaybının daha az olduğu bulunmuştur. Bu durum sıvı azot ön işleme uygulanan numunelerin yanması durumunda taşıyıcı özelliklerini daha fazla sürdürebilecekleri ve tahliye süresini arttırıcı bir etki oluşturacağı sonucunu düşündürmektedir.

Sıvı azot ön işleme uygulanan numunelerin hızlı yanmasına rağmen ağırlık kaybının az olması durumu birlikte değerlendirildiğinde; malzemenin dıştan hızlı bir şekilde yanmaya başlaması sonucu oluşan kömürleşmenin iç kısımların yanması için gereken oksijen miktarını daha erken azalttığı ve bu yüzden deney süresi olan 10 dk içerisinde iç kısımların daha az yanabildiği değerlendirilebilir. Ağırlık kaybının diğer numunelere göre az olması ise gerçek bir yangın anında sıvı azot ön işleme uygulanmış ahşap taşıyıcıların daha fazla dayanmasını sağlayabileceği sonucunu ortaya koymaktadır. Sıvı azot ön

işlem uygulamasının ahşap yapılarda yangın anında malzemenin taşıyıcı özelliğini arttırması, yapıların tahliyesi için daha fazla kaçış süresi oluşturacaktır. Bu nedenle özellikle ahşap yapılarda malzemeye uygulanacak sıvı azot ön işlemi ve benzeri yöntemlerin daha detaylı olarak denenmesi ve elde edilen sonuçlar ışığında ahşap endüstrisi ve ilgili kurumlar ile görüşülerek uygulamanın kullanım alanlarının genişletilmesi önerilebilir. Bunun yanı sıra malzemeler yanarken oluşan kütle kaybı yanında, yanma anındaki taşıma kapasiteleri ve kullanılan değişkenlerinin etkilerinin ölçülebileceği simülasyon ve çalışmalar özellikle yangınlara maruz kalan ahşap yapılarda büyük önem arz etmektedir. Özellikle ülkemizde yakın zamanda Bolu ilinde meydana gelen ahşap otel faciası gibi ahşap malzemenin kullanıldığı yapılarda oluşan yangınlar, yapılarda kullanılan ahşap malzemenin önemine tekrar dikkat çekmiştir. Ahşap yapılarda yangın anında mekânın tahliyesi için yeterli zamana sahip olunması gereklidir. Ahşap binada bulunan taşıyıcı ahşap malzemenin, taşıyıcı özelliklerini kaybetmeden yapıyı ayakta tutması ve tahliye süresinin arttırılması hayati öneme sahiptir. Bu nedenle ahşapta yangın geciktirici etkiyi destekleyecek ve ahşap yapılarda tahliye süresini arttırabilecek farklı araştırmaların yapılması önem arz etmektedir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışmada “Sıvı Azot Muamele Görmüş ve Boraks ile Emprenye Edilmiş Ağaç Malzemenin Yanma Özelliklerinin Belirlenmesi” isimli Yüksek Lisans Tezindeki bazı bulgulardan istifade edilmiştir.

KAYNAKLAR

- ASTM-D 1413-76 (1976) American Society for Testing and Materials. *ASTM-D 1413-76: Standard test method of testing wood preservatives by laboratory soil block cultures*. Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM-E 69 (2007) American Society for Testing and Materials. *ASTM-E 69: Standard test methods for combustibility properties of treated wood by the fire apparatus*. ASTM Standards.
- Aytaşkın A (2009) Çeşitli kimyasal maddelerle emprenye edilmiş ağaç malzemelerin bazı teknolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Habaş AŞ (2023) Sıvı azot (nitrojen). [https://www.habas.com.tr/Content/images/uploads/F300/GBF1_Azot\(S%C4%B1v%C4%B1\)rev_9.pdf](https://www.habas.com.tr/Content/images/uploads/F300/GBF1_Azot(S%C4%B1v%C4%B1)rev_9.pdf)
- Hafizoğlu H, Yalınkılıç MK, Yıldız ÜC, Baysal E, Demirci Z, Peker H (1994) Türkiye bor kaynaklarının odun koruma (emprenye) endüstrisinde değerlendirilme imkânları. *TÜBİTAK Projesi TOAG-875*.

- He S, Lin L, Fu F, Zhou Y, Fan M (2014) Microwave treatment for enhancing the liquid permeability of Chinese fir. *BioResources*, 9:1924–1938. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2016005000013>
- Keskin H, Süzer Ertürk N, Çolakoğlu MH, Korkut S (2013) Combustion properties of rowan wood impregnated with various chemical materials. *International Journal of Physical Sciences*, 8(21): 1128–1135. <https://doi.org/10.5897/IJPS12.690>
- Kurt R, Mengeloğlu F (2008) The effect of boric acid/borax treatment on selected mechanical and combustion properties of poplar laminated veneer lumber. *Wood Research*, 53(3): 113–120. https://www.woodresearch.sk/wood_research/WR_2008_53_3_113_120.pdf
- Kurt Ş, Özcan S, Yapıcı F, Likos E (2012) Dimensional stability of Uludağ fir wood treated with liquid nitrogen after the steam test. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, 12(31). <https://doi.org/dergipark.org.tr/tr/download/article-file/159569>
- Kurt Ş, Yörür H, Özcan S, Korkmaz M, Dönmez Y, Günay MY (2014) Processes to increase retention in materials of wood whose impregnation is difficult, and system design. In *I. International Industrial Design Engineering Symposium (ISIDE14)* (pp. 1–8). Karabük, Turkey.
- Kurt Ş (2022) Effects of liquid nitrogen in hardly impregnable fir wood. *Wood Research*, 67(1): 123–133. <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/67.1.123133>
- Lu Y, Sun Q, Yang D, She X, Yao X, Zhu G, Liu Y, Zhao H, Li J (2012) Fabrication of mesoporous lignocellulose aerogels from wood via cyclic liquid nitrogen freezing–thawing in ionic liquid solution. *Journal of Materials Chemistry*, 22(27):13548–13557. <https://doi.org/10.1039/c2jm31310c>
- Özcan C, Kurt Ş, Esen R, Korkmaz M (2016) The determinate combustion properties of fir wood impregnated with fire-retardants. *The Online Journal of Science and Technology*, 6(3): 77-82. <https://tojoined.net/journals/tojsat/volumes/tojsat-volume06-i03.pdf>
- Seo HJ, Hwang W, Lee MC (2017) Fire properties of *Pinus densiflora* utilizing fire-retardant chemicals based on borated and phosphorus (I)-Combustion characteristics. *BioResources*, 12(3): 5417–5427. <https://doi.org/10.15376/biores.12.3.5417-5427>
- Stepina I, Zheglova Y (2023) Pyrolysis of pine wood in the presence of boron–nitrogen compounds. *Materials*, 16(19): 6353. <https://doi.org/10.3390/ma16196353>
- TS 2471 (1976) Turkish Standard Institute. *TS 2471: Wood-Determination of moisture content for physical and mechanical tests*. TSE Standards.
- TS 2472 (1976) Turkish Standard Institute. *TS 2472: Wood-Determination of density for physical and mechanical tests*. TSE Standards.
- Wu G, Xu M (2014) Effects of boron compounds on the mechanical and fire properties of wood-chitosan and high-density polyethylene composites. *BioResources*, 9(3): 4173–4193. <https://doi.org/10.15376/biores.9.3.4173-4193>
- Yapıcı F, Uysal B, Kurt Ş, Esen R, Özcan C (2011) Impacts of impregnation chemicals on finishing process and combustion properties of oriental beech (*Fagus orientalis* L.) wood. *BioResources*, 6(4): 3933–3943. <https://doi.org/10.15376/biores.6.4.3933-3943>
- Yörür H, Kayahan K, Günay MN, Altun S (2017) The effects of liquid nitrogen treatment on the some physical and mechanical properties of Scots pine and oriental spruce wood. *Turkish Journal of Forestry*, 18(4): 309–313. <https://doi.org/10.18182/tjf.341516>
- Yörür H, kayahan K (2018) Improving impregnation and penetration properties of refractory woods through cryogenic treatment. *BioResources*, 13(1): 1829–1842. <https://doi.org/10.15376/biores.13.1.1829-1842>
- Yu L, Cai J, Hui L, Lu F, Qin D, Fei B (2017) Effects of boric acid and/or borax treatments on the fire resistance of bamboo filament. *BioResources*, 12(3): 5296–5307. <https://doi.org/10.15376/biores.12.3.5296-5307>

Yüksel M, Baysal E, Toker H, Sitki M, Şimşek H, Act A (2014) Combustion characteristics of oriental beech wood impregnated with commonly used borates. *Journal of Materials Science and Engineering*,4(2):45–52. <https://www.hrpub.org/download/20140305/MS2-1340163.pdf>

Zhao L, Lu J, Zhou Y, Jiang J (2015) Effect of low temperature cyclic treatments on modulus of elasticity of birch wood. *BioResources*, 10(2): 2318–2327. <https://doi.org/10.15376/biores.10.2.2318-2327>
Zhu H, Luo W, Ciesielski PN, Fang Z, Zhu JY, Henriksson G, Himmel ME, Hu L (2016) Wood-derived materials for green electronics, biological devices, and energy applications. *Chemical Reviews*, 116(16):9305–9374 <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00225>

Functionalized Cellulose-Reinforced CMC-Based Hydrogels: NaOH-Urea Catalyzed Oxidation and Mechanical Pretreatments, Crosslinking with Citric Acid and Epichlorohydrin, and Characterization

Fonksiyonelleştirilmiş Selüloz Katkısıyla Güçlendirilmiş CMC Esaslı Hidrojeller: NaOH-Üre Katalizli Oksidasyon ve Mekanik Ön İşlem Uygulamaları, Sitrik Asit ve Epiklorohidrin ile Çapraz Bağlanma ve Karakterizasyon

Aseña Damla BÜYÜKÜSTÜN¹ , Esat GÜMÜŞKAYA² , Emir ERIŞİR^{*2} 

¹Karadeniz Technical University, Faculty of Forest Department of Forest Industry Engineering, Trabzon

²Sakarya University of Applied Sciences, Pamukova Vocational School Department of Material and Material Processing, Sakarya

Eser bilgisi / Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1687370](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1687370)

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Emir ERIŞİR

e-mail: emirerisir@subu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

30.04.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

13.06.2025

Kabul tarihi / Accepted

16.06.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Keywords:

CMC hydrogel

Cellulose reinforcement

NaOH-urea

Supermasscolloider

PFI refining

Anahtar kelimeler:

CMC hidrojel

Selüloz takviyesi

NaOH-üre

Süpermasskolloider

PFI rafinasyonu

Abstract

To improve the performance of carboxymethylcellulose (CMC)-based copolymer hydrogels with low gel strength, additives like natural cellulose are extensively utilized but its structural limitations restrict successful integration into CMC-based hydrogels without modification. In this study, it was examined the effects of wood pulp with and without treatments as additives on the performance of hydrogels. Pretreatment of cellulose was carried out using hydrogen peroxide oxidation catalyzed by NaOH-urea, as well as mechanical pretreatment using PFI or colloid mills. In the cross-linking of these semi-synthetic polymers, either epichlorohydrin (ECH) or citric acid (CIT) were used. FTIR spectroscopy, DSC, and electron microscopy techniques, as well as swelling and water absorption tests, were used to analyze the chemical, physical, and morphological properties of hydrogels. The successful cross-linking by both agents was verified by FTIR spectra. For all hydrogel groups, regardless of the cross-linking agent used, the swelling ratio in alkaline solutions was higher than that in neutral and acidic environments. CIT-crosslinked hydrogels displayed a swelling rate 16 times greater at pH 7 than the control group. Enhanced swelling performance was observed in solutions with Na⁺ and K⁺, but hydrogels demonstrated a 50–70% reduction in performance in the presence of Mg²⁺ and NH₄⁺. DSC curves demonstrate that crystallinity diminished due to alkaline oxidation pretreatments, and the thermal stability of ECH-crosslinked hydrogels exceeds that of CIT by 40%. SEM images show different patterns and fractures in ECH samples, while CIT samples reveal smoother hydrogel surfaces and the presence of fibers.

Özet

Düşük jel mukavemetine sahip karboksümetilselüloz (CMC) bazlı kopolimer hidrojinin performansını iyileştirmek için, doğal selüloz gibi katkı maddeleri yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak bunların yapısal sınırlamaları, modifikasyon olmadan CMC bazlı hidrojellere başarılı bir şekilde entegre edilmesini engellemektedir. Bu çalışmada, katkı maddesi olarak işlenmiş ve işlenmemiş odun hamurunun hidrojel performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ön işlemler, NaOH-üre ile katalize edilen hidrojen peroksit oksidasyonunun yanı sıra mekanik ön işlem olarak PFI veya kolloid değirmenler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yarı sentetik polimerlerin çapraz bağlanmasında, epiklorohidrin (ECH) veya sitrik asit (CIT) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hidrojellerin kimyasal, fiziksel ve morfolojik özelliklerini analiz etmek için FTIR spektroskopisi, DSC ve elektron mikroskobu teknikleri ile şişme ve su emme testleri kullanılmıştır. Her iki ajanla çapraz bağlanmanın başarılı olduğu FTIR spektrumları ile doğrulanmıştır. Kullanılan çapraz bağlama maddesinden bağımsız olarak, tüm hidrojellerin alkali çözeltilerdeki şişme oranı, nötr ve asidik ortamlardakinden daha yüksekti. CIT ile çapraz bağlanmış hidrojeller, pH 7'de kontrol grubuna göre 16 kat daha fazla şişme oranı göstermiştir. Na⁺ ve K⁺ içeren çözeltilerde şişme performansı artmış, ancak Mg²⁺ ve NH₄⁺ varlığında hidrojellerin performansı %50-70 oranında azalmıştır. DSC eğrileri, alkali oksidasyon ön işlemleri nedeniyle kristallik azaldığını ve ECH çapraz bağlı hidrojinin termal stabilitesinin CIT'den %40 daha yüksek olduğunu göstermektedir. SEM görüntüleri, ECH numunelerinde farklı desenler ve kırıklar gösterirken, CIT numunelerinde daha pürüzsüz hidrojel yüzeyleri ve liflerin varlığı görülmektedir.

INTRODUCTION

Cellulose, the most common biopolymer in nature, is estimated to be produced by a wide range of biological entities from bacteria to woody plants at a rate of approximately 10¹¹ to 10¹² tons year (Heinze et al. 2018).

It displays a complex structure defined by crystalline and amorphous parts. Crystalline parts provide greater resistance to many liquids and chemicals, whereas amorphous parts are generally more reactive. This reactivity is due to the abundance of free functional

groups, such as hydroxyl groups. Krassing (1993) and Liebert (2010) revealed that increasing the reactivity and accessibility of cellulose improves its interaction with water and other chemicals.

Methods for manipulating cellulose in order to reduce or eliminate its structural constraints and to realize its potential and properties can be categorized into chemical (esterification, etherification, oxidation, crosslinking, etc.), physical (mechanical, thermal, nanoscale sizing, etc.), and biological (enzymatic hydrolysis, etc.) approaches (Laine et al. 2004, Cabiac et al. 2011). Most of the chemical treatments target to increase the spacing between cellulose chains by adjusting various process parameters (pH, length of time, temperature, etc.), whereas others rely on introducing new functional groups to the cellulose chains. To accomplish this, acids including sulfuric acid, phosphoric acid, formic acid, and acetic acid, alongside bases such as sodium hydroxide, urea, or thiourea, and oxidizing agents like sodium hypochlorite, potassium permanganate, hydrogen peroxide, and periodic acid can be employed (Cabiac et al. 2011).

The dissolution and subsequent regeneration of cellulose in solvent systems such NaOH-urea, dimethyl acetamide/lithium chloride, or dimethylsulfoxide-tetrabutyl ammonium fluoride result in molecular reorganization and a loss of crystalline structure (Pääkkö et al. 2008). Besides, oxidative treatments in moderate conditions are recognized to enhance the prevalence of carboxylic acid and/or aldehyde groups on the surfaces of cellulosic fibers (Hubbe et al. 2013).

In addition to chemical treatments, mechanical pretreatment methods are employed to modify cellulose. The beating is a crucial application in the paper making process, since it provides the specific qualities to the fibers. Within the framework of mechanical processes, particularly the mechanical processing of cellulosic fibers, including hollanders and refiners, is carried out on special machines. PFI (Papirindustriens Forsknings Institut) mills are utilized at the laboratory scale (Gharehkhani et al. 2015). Variations in the applied stresses and their combinations induce morphological, physical, and chemical changes in the fibers. These might be related to

physical and morphological aspects, including structural disintegration (peeling) of the primary wall and S1 layer, an increase in internal and external fibrillation, hydration, fiber particles formation, fiber shortening and flattening, along with alterations in chemical properties such as crystallinity and the composition of the fiber's outer surfaces. Cellulosic fibers obtain distinct properties by the modification of parameters in chemical and mechanical processes.

Modified cellulose has received attention as an option for structural issues in CMC-based hydrogels (Chang et al. 2010, Li et al. 2017). Cellulosic fibers are employed for preserving the structure of the hydrogel in the liquid, enhance liquid penetration into the hydrogel, and prevent the blockage caused by the expansion of lower size hydrogel particles (Hubbe et al. 2013). Cellulosic additives that have various physical and chemical properties, from mechanical wood pulps to nanofibrillated cellulose, have been utilized experimentally in the manufacture of hydrogels.

Bao et al. (2011) determined that an increase in cellulose content within CMC-based hydrogels results in a decrease in the hydrogel's water absorption capability. The reduction is due to the diminished ratio of crystalline to amorphous cellulose regions regarding liquid absorption capacity relative to CMC, and it is expected that an increase in cellulose content within the hydrogel results in a decrease in water absorption by the hydrogel. The previously discussed modification methods can be employed to solve the problem and enhance the reactivity and accessibility of cellulose.

Oxidation reactions with hydrogen peroxide in a NaOH-urea solution (which is recognized for its capacity to dissolve cellulose under specific conditions) may reduce the crystallinity of cellulose. Mechanical pretreatment with a PFI mill or supermasscolloider (SMC) can also generate various chemical and physical changes in cellulose. Furthermore, the combination of various combinations of these systems may reduce the challenges associated with cellulose integration into CMC-based hydrogels. This work investigated copolymer hydrogels composed of cellulose and carboxymethyl

cellulose (CMC) crosslinked by epichlorohydrin (ECH) or citric acid (CIT) to elucidate the impacts of these pretreatments. The physical (water absorption, swelling), chemical (structural investigation using IR spectra), thermal, and morphological (hydrogel surface topography assessed through electron microscopy) properties of the synthesized hydrogels were evaluated.

MATERIALS AND METHODS

Materials

100% bleached spruce sulfite pulp (Super Aceta) supplied by Borregaard, Sarpsborg/Norway was used as cellulose source for hydrogel production. The properties of the pulp supplied are as follows: an intrinsic viscosity of 924 ml/g (ISO 5351:2004), a kappa number of ≤ 1 (TAPPI T 236 om-13), a brightness of 93.1 (ISO 2470:2009). Alpha cellulose content of 95.2% (TAPPI T203 cm-99), and alkali solubility values of 5.8% for S10 and 3.3% for S18 (TAPPI T 235 cm-00) were determined. The methodology described in the research by Milanovic et al. (2012) was employed to calculate the carboxyl (COOH) content of the pulp. It was found as 0.1269 mmol/g. The pulp exhibited a freeness of 12°SR (SCAN C-15:62 standard) and a water retention value (WRV) of 88.4, according to Chen et al. (2010). Sodium carboxymethyl cellulose (CMC-Na) with a molecular weight of about 700,000 and a degree of substitution between 0.80 and 0.95 was purchased from Sigma Aldrich. All chemicals were obtained from Merck KGaA or Sigma Aldrich and utilized without further purification.

Pretreatment of Wood Pulp

The study involved pretreatment applications designed to eliminate or diminish structural barriers in cellulose, conducted in two separate steps (Table 1). The following

table presents the variables employed to the wood pulp in the investigation. The control group samples (ECH Control n and CIT Control n) underwent no pretreatment at any point. If epichlorohydrin was used as a crosslinker, the code of the sample was identified as ECH Oxi SMC 10.

Oxidation Stage

In this study, a short preliminary system was carried out to determine the optimum concentration of the oxidizing agent in the NaOH/urea system (Figure 1). The quantities of H₂O₂ utilized were 5.0, 10.0, or 15.0%. The method used for oxidation of cellulose was simply schematized in Figure 1. After the washing, the samples left on the sieve (150-mesh) were manually compressed, thoroughly squeezed, then gathered from the sieve. The collected samples were placed in a zip-lock bag and stored in a refrigerator maintained at +4°C.

The WRV and -COOH content values of the pulp post-oxidation were measured using the previously described methods. In the system using 5.0% H₂O₂, the -COOH concentration of cellulose was measured at 0.1184 mmol/g, and the WRV value was 133.7%. In the system utilizing 10% H₂O₂, these properties were measured at 0.1360 mmol/g and 145.50%, whereas for cellulose treated with 15% H₂O₂, the values were 0.1552 mmol/g and 139.1%. Considering the correlation between water absorption capacity and WRV values of polymers designed for specific applications such hydrogel and superabsorbent, the pulp oxidized with 10% H₂O₂, exhibiting the greatest WRV value in this investigation, was utilized in hydrogel synthesis.

Table 1. The types of crosslinker and pretreatment with cellulose content in CMC hydrogels

Crosslinker Type	Pretreatment Stage		Cellulose Content in Hydrogel (%)
	First	Second	
ECH or CIT	None	none	10, 30 or 50*
ECH or CIT	Oxidation	none	10, 30 or 50
ECH or CIT	Oxidation	PFI Refining	10, 30 or 50
ECH or CIT	PFI Refining	Oxidation	10, 30 or 50
ECH or CIT	Oxidation	SMC Refining	10, 30 or 50
ECH or CIT	SMC Refining	Oxidation	10, 30 or 50

*: The results obtained for the control group were taken from our previous study (Büyükcüstün et al. 2025)

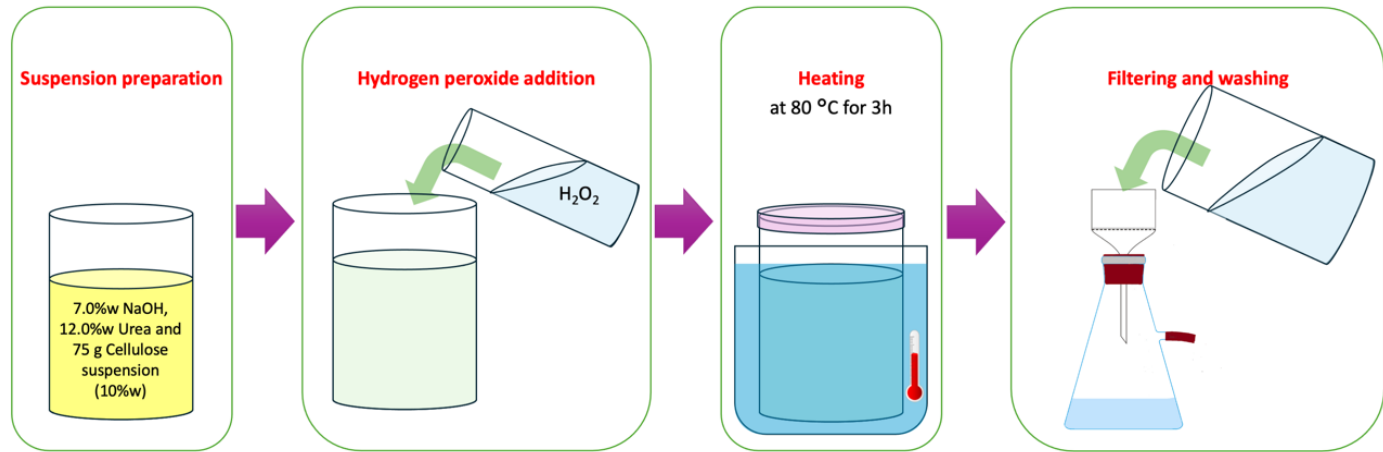


Figure 1. The process used for oxidation of cellulose

Mechanical Treatment

The mechanical treatment was carried out using either a two-roller laboratory-type PFI or a Masuko (Model: MKCA6-2J, SMC) colloid mill. For PFI refining, TAPPI T248 sp-15 standard was employed. The mill was operated at 4000 rpm and the fiber concentration was 10.0%. For SMC processing, the grit coarseness of Al₂O₃ stones was 80.0. The treatment was conducted at ambient temperature and a concentration of 2.0%. The mechanical forces between the stones were exposed by the pulp five times, and the distance between the stones was established at 20 µm. The stones were maintained at a rotational speed of 1500 rpm.

Hydrogel Synthesis

The as mentioned before, epichlorohydrin (ECH) or citric acid (CIT) were utilized as crosslinkers in hydrogel production. So, the crosslinking procedures used in the study were divided to two main sections and the details were given below.

Synthesis Process with ECH

It was carried out in two steps. In the first step, a solution included in cellulose and CMC was prepared by NaOH-Urea solvent system. A homogenized mixture of cellulose (either raw or processed) and CMC in a NaOH-Urea solution (195.0 ml), comprising 6.0 and 4.0 by weight, respectively was dispersed mechanically at 200 rpm for 10 minutes. The cellulose to CMC ratio in the suspension was varied at 10.0-90.0%, 30.0-70.0%, and 50.0-50.0% by

weight (Table 1). The suspension was frozen at -20°C for 12 hours in a deep freezer, and the thawed mixture was homogenized using an IKA Ultraturrax at 10,000 rpm for 15 minutes. Subsequently, 25.0 ml of epichlorohydrin (ECH) and 25.0 ml of ammonium hydroxide (NH₄OH) were introduced to the solution to begin the crosslinking reaction. The reaction was performed at 40°C for a duration of 4 hours. Subsequently, the hydrogel was immersed in ethyl alcohol to finalize the crosslinking process. Finally, the hydrogel rinsed with deionized water through a 150-mesh sieve.

Synthesis Process with CIT

Crosslinking by CIT was completed in a single step. In the beginning, cellulose (either raw or pre-treated) was dispersed in deionized water using a mechanical mixer for 10 minutes at 200 rpm. Carboxymethyl cellulose (CMC) was then added to the pulp dispersion and agitated violently with an IKA Ultraturrax at 15000 rpm for 15 minutes. The concentration of cellulose to CMC in the suspension was changed to 10.0-90.0%, 30.0-70.0%, and 50.0-50.0% by weight (Table 1), while also ensuring that the overall mass of the hydrogel remained below 5.0 grams. The suspension was diluted with deionized water to a concentration of 2.0% wt. After that, 5.0% wt citric acid was added depending on the total mass. The mixture, which had a high viscosity, was placed into a beaker and kept at 30°C for 24 hours in order to allow the water to evaporate. It was placed in a water bath at 80°C for 24 hours in order to complete the cross-linking

reaction. The hydrogel was then soaked in ethyl alcohol to finish the crosslinking process. After that, it was washed with deionized water using a 150-mesh sieve.

Characterization of Hydrogels

Liquid Absorption Capacity

It is usually determined by measuring the change in weight after the sample is submerged in liquids that have different characteristics. For the swelling experiments, we used pH solutions at 2, 7, and 10, as well as several salt solutions, including NaCl, KCl, MgCl₂, and NH₄Cl. Each of the salt solutions was made with a concentration of 0.9%. Simply, the solutions were prepared by diluting 0.9 grams of salt with water to create a total volume of 100 ml. A hydrogel sample (o.d.) was immersed in the liquids for 12 hours at ambient temperature. Upon the end of the period, the residual liquid was removed from the sample by a paper towel, and the following formulas were employed to calculate the liquid absorption and swelling rates of the hydrogels:

$$\text{Liquid uptake (\%)} = m_1 - m_0 \quad (1)$$

$$\text{Swelling rate (\%)} = (m_1 - m_0) \times 100/m_0 \quad (2)$$

Here, it presents the mass of the hydrogel after immersion (m_1), while the mass of the sample before immersion is expressed by (m_0).

Fourier Transform Spectroscopy (FTIR)

KBr-disk method was used for Fourier transform spectroscopy (FTIR) analysis. In this method, the samples were carefully ground in a Wiley mill and KBr-disks were prepared from milled samples. A Shimadzu IRPrestige-21 instrument supported by a PIKE MIRacle ATR instrument was used for the measurements. Operating range was from 4000 to 400 cm⁻¹ and the spectral resolution was set to 4 cm⁻¹. The measurements were performed for the samples with 10% cellulose content.

Electron Microscopy

Jeol JSM-6060 and Zeiss Evo LS-10 electron microscopes were utilized for obtaining SEM images. The magnifications were 100x, 250x, 500x, 1000x, 2500x and 5000x. The imaging voltage ranged from 5 to 15 kV. The

samples were gold-coated before imaging, and images were obtained for the samples exhibiting the highest swelling rate.

Differential Scanning Calorimetry (DSC)

DSC was used to evaluate the thermal properties of the hydrogels under varying temperatures. For the measurements, 5-7 mg of air-dried and sieved samples (40 and 60 mesh) exhibiting the highest swelling rate were placed in aluminum crucibles. Thermal signals of the samples were collected using a NETZCH DSC 200F3-Maia equipment, and NETZCH Proteus Thermal Analysis software was utilized for result evaluation. The measurements were performed within a temperature range of 20-500°C, using a heating rate of 10°C/min and a nitrogen flow rate of 30 ml/min.

RESULTS AND DISCUSSION

This study aimed to identify the major properties of CMC hydrogels obtained by either treated or untreated cellulose. FTIR spectroscopy was applied to evaluate chemical transformations and detect functional groups in hydrogels. The results were presented in Figure 2. The FTIR spectra indicated C-O stretching vibrations in CMC within the 1020-1160 cm⁻¹ range, indicating the presence of hydroxyl functional groups (Wang et al. 2017). The -C-O- functional group was distinctly noted at around 1041 cm⁻¹, signifying the extent of crosslinking within the hydrogel network (Cui et al. 2019, Kundu et al. 2022). The signal intensity in this area indicated variations in crosslinking effectiveness, exhibiting a little stronger absorption band in the ECH spectra relative to other crosslinkers. Furthermore, signals corresponding to OH groups in CMC were detected at approximately 1320 cm⁻¹ (Qiu and Yu 2008).

The characteristic vibrations at about 1435, 1589, 1593, and 1616 cm⁻¹ were attributed to the COO⁻ functional groups of CMC (Ma et al. 2007, Seki et al. 2014, Uyanga and Daoud 2021). Previous studies demonstrated a correlation between the width of these peaks and the water absorption capacity of the hydrogel (Barbucci et al. 2000).

The FTIR spectra of samples cross-linked with ECH have greater peaks indicating of carboxylate groups, characterized by multiple peaks, whereas the ones utilizing CIT exhibit narrower peaks with an individual peak. In hydrogels crosslinked with citric acid, functional groups in the 1320 cm^{-1} band were clearly detected, but no vibrations were noted in this region for samples crosslinked with ECH. An absorption peak was observed

at approximately 1666 cm^{-1} , attributable to carbonyl groups (Pasqui et al. 2012). The $1700\text{-}1750\text{ cm}^{-1}$ range exhibited distinctive vibrations associated with $\text{C}=\text{O}$ stretching band (Kumar et al. 2019; Büyüküstün et al. 2025). This band, which is more prominent for acyclic anhydrides such as citric acid, appears as a shoulder in the FTIR spectrum and supports the formation of cross-linking structures (Demitri et al. 2008).

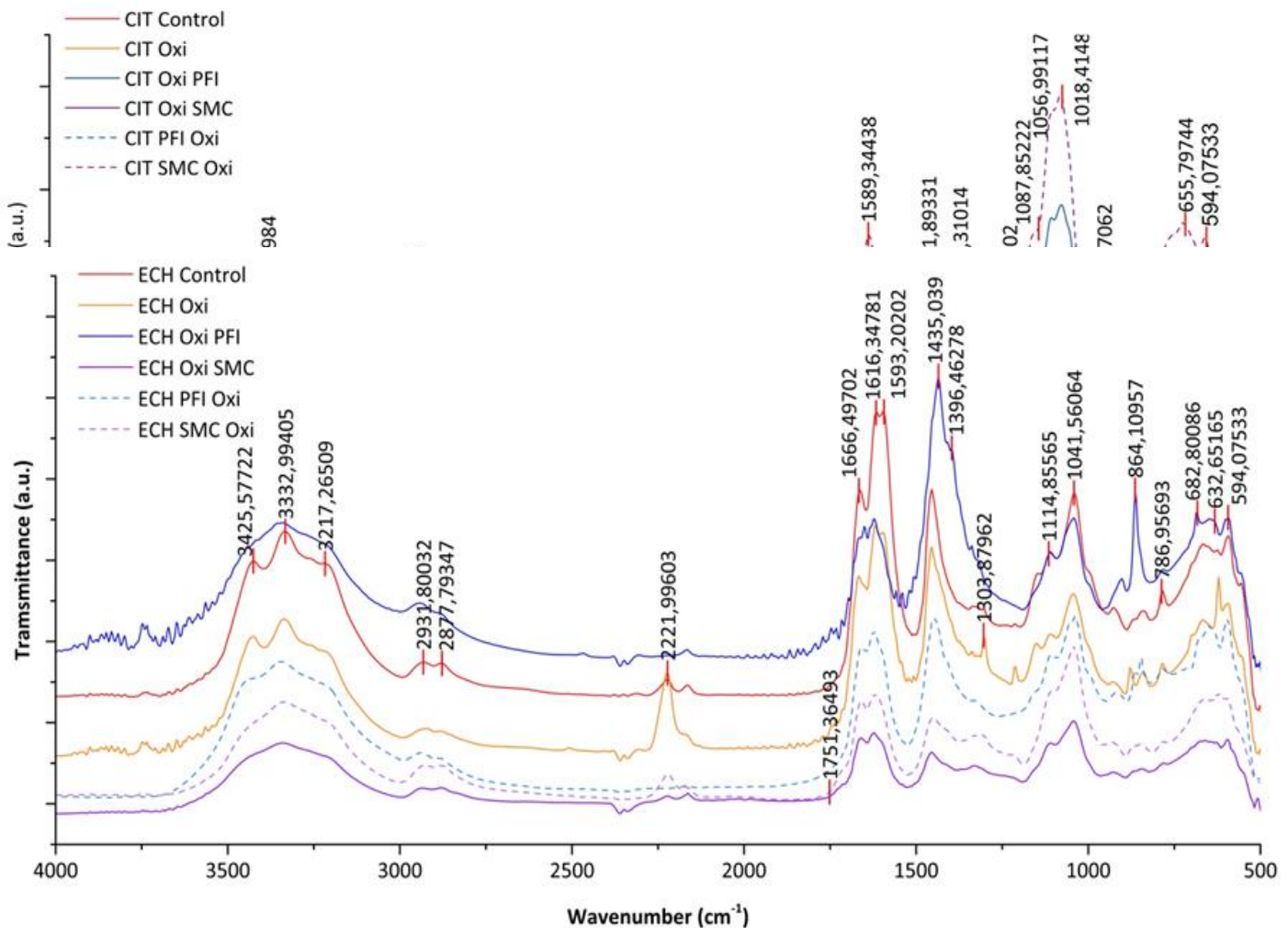


Figure 2. FTIR spectra of hydrogels crosslinked by epichlorohydrin (above) or citric acid (below)

N-stretching vibrations were detected in the $2150\text{-}2250\text{ cm}^{-1}$ range in the ECH crosslinked samples (Pasqui et al. 2012). This indicated a connection between nitrogen-containing functional groups of ECH and it could not be shown for CIT. Similarly, in $786\text{-}787\text{ cm}^{-1}$ range for the spectra of samples crosslinked by ECH, there was a sign which is attributed to out of plane absorption of N-H (Fan

et al. 2012). The extensive band detected in the $3000\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$ region was ascribed to -OH stretching vibrations, which are essential in hydrogen bonding interactions (Kurtuluş et al. 2024). The strength of this band fluctuated based on the extent of crosslinking. An elevated concentration of free OH groups led to an augmentation in signal intensity and a simultaneous

decrease in crosslinking efficiency. The purified cellulose samples demonstrated a reduced intensity in this range, reflecting the effects of mechanical and chemical treatments on the hydroxyl groups.

Figure 3 illustrates the swelling characteristics of the produced hydrogels in different pH solutions. The results obtained from the hydrogels synthesized with ECH (Figure 3a) indicated that the swelling capacities, particularly in acidic pH ranges, were comparatively diminished. Similarly, Chang et al. (2010) found a reduction in the swelling capability of cellulose-based hydrogel concerning pH. Besides, for all groups, an elevation in the cellulose content of the hydrogel matrix led to a reduction in swelling capacity. This trend was particularly evident in the control group. This finding also aligns with prior research (Hubbe et al. 2013).

Furthermore, when comparing groups with equivalent cellulose content, it is evident that pretreatments applied to cellulose substantially minimize the adverse impacts on swelling behavior. For example, the ECH PFI NaOH Urea 30 sample exhibited approximately fourfold more swelling capacity than the ECH Control 30 sample. The samples containing equal quantities of cellulose and CMC exhibited an obvious enhancement in swelling performance due to the effects of the pretreatments. The primary functions of employing fluff pulp (untreated cellulosic fibers) in absorbent materials are to enhance their durability and allow liquid movement (Schuchardt and Berg 1991). The incorporation of fluff pulp is considered effective in preventing the obstruction of gels caused by fully saturated superabsorbent polymer (SAP) particles, which restrict fluid transmission and lack enough separation by the fibers (Hubbe et al. 2013). However, the existence of fines and/or micro- and nanoscale cellulose particles over the acceptable limit creates a paradox. Spagnol et al. (2012) indicated that the absorption capacity of the hydrogel diminished with an increasing nanoscale cellulose ratio, concurrently resulting in an increase in pore size. With SMC treatment, commonly employed in nanocellulose manufacturing, it is

probable that a greater quantity of micro- and nanoscale cellulose is generated compared to alternative methods. These events may elucidate the reduction in liquid absorption efficacy of cellulose-based hydrogels subjected to SMC treatment.

Figure 3b illustrates the swelling behavior of hydrogels crosslinked with citric acid and the influence of both raw and processed cellulose additions on these structures. In particular categories (e.g. CIT Oxi SMC 10 in pH 7), swelling rate of the hydrogels exhibited increases up to 16-fold relative to the control group. However, hydrogels including cellulose treated by the CIT Oxi PFI group were found to dissolve in liquids. This occurs by an inadequate crosslinking rate (Hubbe et al. 2013). Demitri et al. (2008) stated that utilizing low amounts of citric acid diminishes the degree of cross-linking, hence resulting in an increased swelling rate. The swelling capacity is often greatest at the point at which crosslinking is sufficient to create phase separation (Wach et al. 2001). In the samples of both group, it is evident that the rise in cellulose content similarly restricts the liquid absorption ability of the hydrogel. In general, it was determined that the swelling rate in alkaline solutions were higher than those obtained in neutral and acidic media in all hydrogel groups without affecting from the type of the crosslinker. Consequently, it is unavoidable that specific hydrogels may dissolve in the liquids, while others will demonstrate superior performance characteristics.

Figures 3c and d illustrate the swelling characteristics of hydrogels in various saline solutions. The initial significant observation is the absence of columns indicating the swelling rates of some hydrogels in saline solutions (e.g., ECH Oxi, CIT Oxi PFI). The samples exhibited solubility in the various liquids and lost their structural stability.

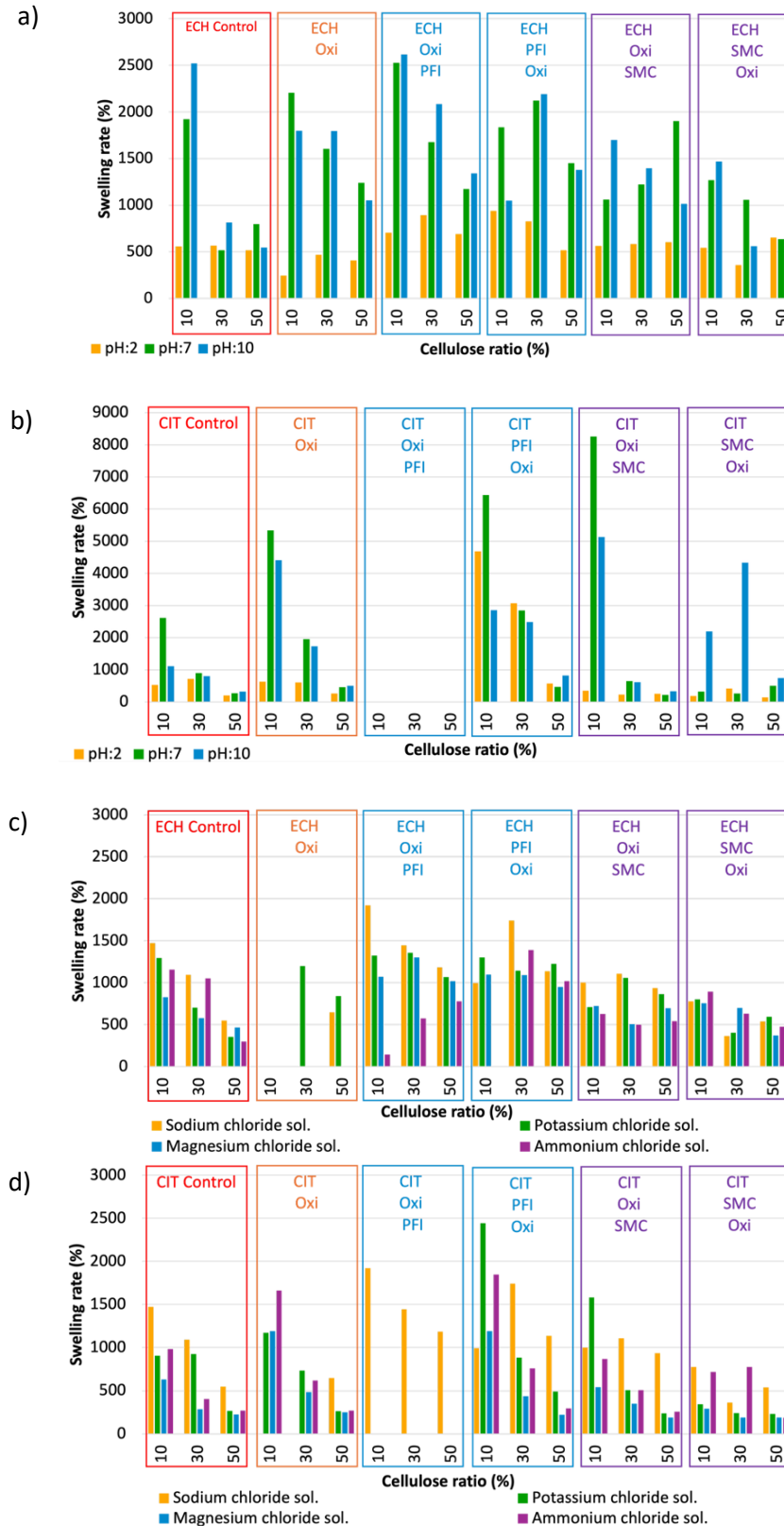


Figure 3. Swelling rate (%) of hydrogels crosslinked by epichlorohydrin (a&c) or citric acid (b&d) in different solutions. a-b) pH solutions, c-d) saline solutions

When each crosslinker is evaluated individually, it is shown that an increase in cellulose content within hydrogels crosslinked with ECH results in reduced liquid absorption and a diminished swelling rate. In comparison to the control group samples with 50% untreated cellulose, the swelling rates of samples having an equivalent quantity of pretreated cellulose were seen to be elevated. A reduction in swelling is anticipated with an increase in valence values, given a constant cation concentration (Hubbe et al. 2013). The swelling rate is expected to be elevated in liquids containing K^+ and Na^+ cations, but it should be diminished in the presence of Mg^{+2} . The results align with this expectation. The swelling rates of hydrogels in solutions containing $MgCl_2$ salt were low. Despite being comparable to K^+ and Na^+ cations in valence, the swelling rate in liquids formulated with NH_4 salt remained low. This is most likely the result of the larger molecular size in comparison to the other monovalent cations mentioned, which leads to a relatively small penetration of the applied liquids into the hydrogel (Büyükcüstün et al. 2025).

The surface morphology of CMC–cellulose hydrogels crosslinked with ECH or CIT is illustrated in Figure 4. Several magnifications from 100x to 5000x were employed to provide enhanced clarity regarding the microstructural characteristics of the hydrogels.

The images demonstrate that the nature of the crosslinker significantly influences the structural properties of the hydrogel network. In the samples crosslinked with ECH, a heterogeneous surface morphology was observed. The cellulosic fibers completely disappeared with surfaces exhibiting noticeable cracks and holes. Conversely, the hydrogels crosslinked with CIT preserved visible fibers and the surfaces of hydrogels largely remained smooth without significant cracks or holes except the fibers. The differences can be partially attributed to the mechanical forces (Johnson et al. 2004, S et al. 2012), such as shrinkage and tension, that arise during the drying phase of hydrogel production. In ECH-crosslinked samples, where covalent bonds create a rigid and extensively interconnected network, mechanical stresses have a more significant impact, resulting in deformation of the

surface morphology. Conversely, CIT, an organic acid, forms a less dense network through esterification of cellulose fibers. This flexible network is stronger to resist the mechanical forces generated during drying, therefore maintaining the hydrogel's surface structure.

Furthermore, different chemical environments employed during crosslinking also influence the observed morphological variations. ECH crosslinking is performed in alkaline conditions, whereas CIT crosslinking often takes place in an acidic medium. Alkaline treatment is known to convert cellulose into various allomorphic forms and diminish its crystallinity (Jang et al. 2023). This mechanism presumably undermines the fiber structure, elucidating the lack of visible fibers and changing the surfaces of ECH-treated samples as evidenced by SEM pictures.

Figure 5 illustrates the impacts of modification techniques on cellulose, utilized as a component in composite hydrogels, on the thermal properties of the hydrogels, categorized by the respective crosslinkers. It is known that oxidation process degrades the crystalline structure of cellulose (Siller et al. 2015). A decline in the crystal structure diminishes the thermal resistance of cellulose, leading to lower heat flow values in pretreated samples. The results for both crosslinkers align with the literature (Pedersoli Júnior 2000) and with conclusions from SEM images of hydrogels. The DSC curves of hydrogels crosslinked with CIT did not exhibit any values exceeding 135 mV, which implies that the crystallinity of these structures is inferior to that of hydrogels synthesized with ECH. The thermal stability of hydrogels synthesized using CIT is significantly diminished. The presence of epoxy groups in the ether bonds formed during crosslinking with ECH may be the reason for their enhanced thermal stability. DSC thermograms exhibit a wide endothermic transition between 50-120 °C, particularly in samples created with ECH. This transition is believed to be primarily associated with the elimination of free hydroxyl groups. Nevertheless, the transitions beyond this temperature range cannot be distinctly delineated due to the extensive structure and peak overlap.

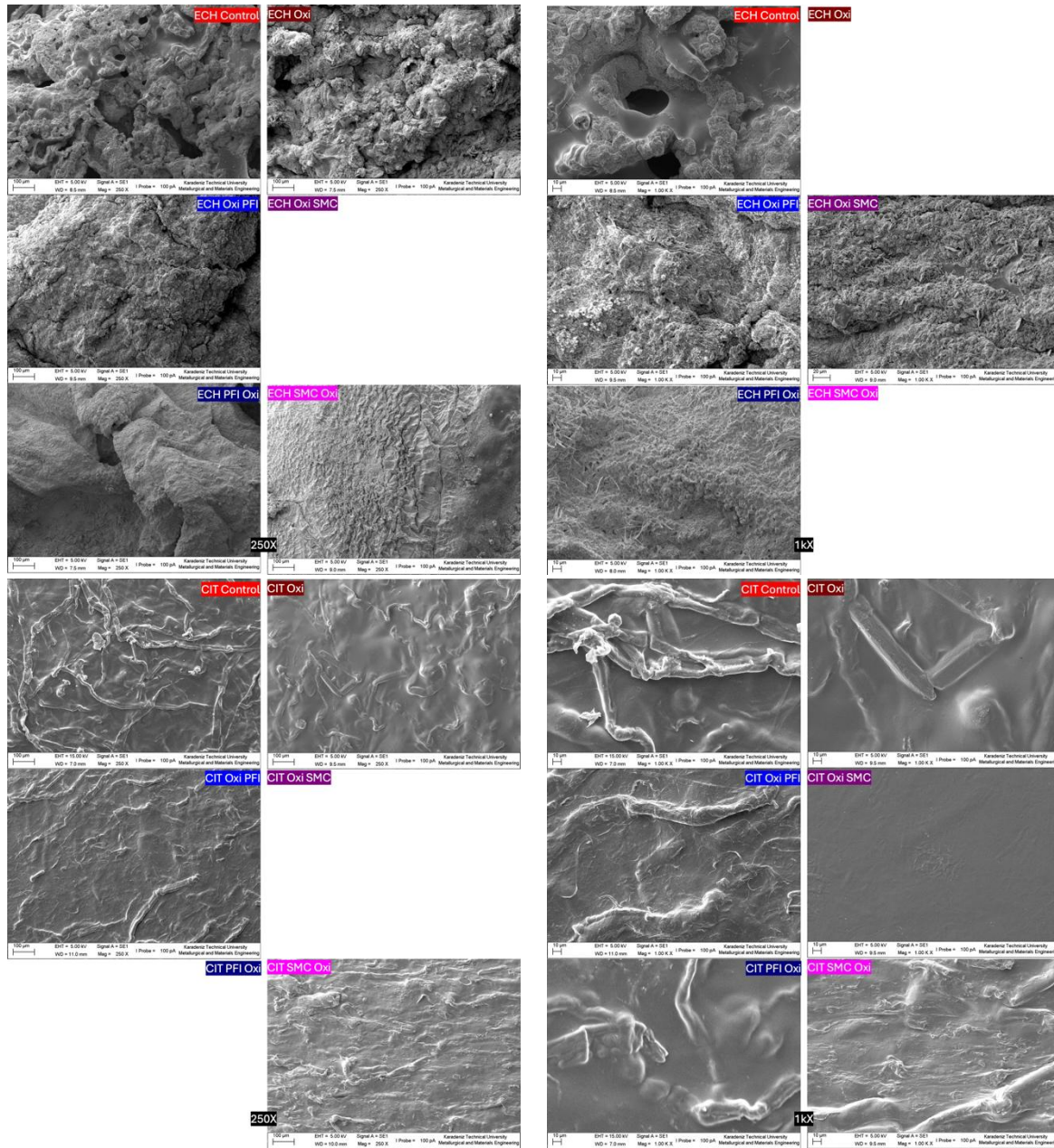


Figure 4. SEM images of CMC-cellulose hydrogels crosslinked with epichlorohydrin and citric acid at 250x and 1000x

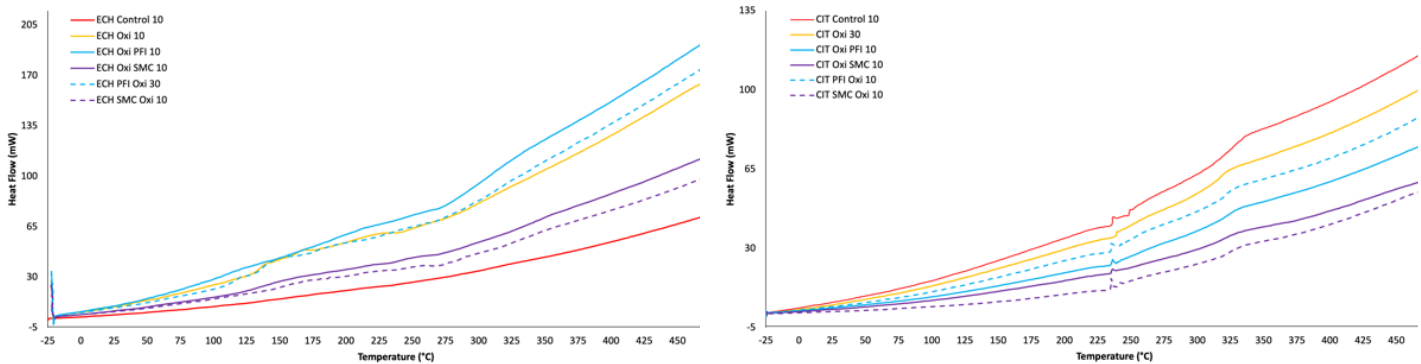


Figure 5. Thermograms of hydrogels (crosslinked by epichlorohydrin (above) or citric acid (below), (endotherm upward)

The phenomena seen between 225-250 °C in the samples treated with CIT likely signifies the heat breakdown of cellulose. Nonetheless, the identical change is not distinctly evident in the samples produced with ECH.

CONCLUSION

This study aimed to minimize or eliminate problems related to the incorporation of cellulose for increasing the gel strength of carboxymethylcellulose-based hydrogels. To achieve this, a sequence of chemical and/or mechanical treatments were carried out to cellulose prior to hydrogel production, and the subsequent modifications in the fundamental characteristics of the hydrogels were examined using FTIR, swelling tests (in various pH and saline solutions), SEM, and DSC studies.

FTIR analysis provided evidence indicating the successful synthesis of the hydrogels. While samples crosslinked with ECH showed peaks belonging to N-containing groups and broader/multiple COO⁻ peaks, narrower/single COO⁻ peaks and distinct C=O shoulder peaks were detected in those crosslinked with CIT. DSC analysis indicated that hydrogels crosslinked with ECH possess higher thermal stability compared to those crosslinked with CIT, which is attributed to the presence of epoxy groups in the ether bonds formed with ECH. As a result of the applied pretreatments, it was observed that the liquid uptake and swelling properties of the hydrogels were enhanced or maintained compared to control groups with similar cellulose content. However, in some combinations, it was observed that the samples dispersed in liquids due to an insufficient degree of crosslinking. This phenomenon is explained by the effect of the colloid mill (SMC) application, used in microfibrillated (MFC) and nanofibrillated (NFC) cellulose production, on fiber dimensions. Examination of SEM images revealed that the type of crosslinker used and the application of mechanical treatment altered the surface properties of the hydrogels. Furthermore, it appears that changing the sequence of chemical and mechanical treatments also affects the overall outcomes, including the hydrogel's surface morphology. These findings suggest that subjecting cellulose to pretreatment holds promise for positive outcomes regarding the hydrogel's gelation performance.

In order to improve the results and possible applications of this research for future scholars, subsequent investigations might focus on developing the crosslinking parameters (e.g., concentration, reaction time) specifically for cellulose subjected to the most effective pretreatments, with the objective of minimizing dispersion while maximizing performance, particularly following treatments such as SMC. A thorough study of modifying the sequence of chemical and mechanical treatments, while measuring their effects on morphology, swelling, and particularly on final gel strength, might yield significant design guidance. Furthermore, establishing a clear correlation between the exact sizes of cellulose fibers produced by various pretreatments and the principal hydrogel performance measures could provide profound mechanistic insights for more focused material development.

ACKNOWLEDGMENT AND DISCLAIMERS

The authors acknowledge The Scientific and Technological Research Council of Türkiye for funding this study through the 1001 The Scientific and Technological Research Projects Funding Program (grant number 215O313).

REFERENCES

- Bao Y, Ma J, Li N (2011) Synthesis and swelling behaviours of carboxymethylcellulose-g-poly(AA-co-AM-co-MPS)/MMT superabsorbent hydrogel. *Carbohydrate Polymers*, 84:76-82. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.10.061>
- Barbucci R, Magnani A, Consumi M (2000) Swelling behavior of carboxymethylcellulose hydrogels in relation to cross-linking, pH, and charge density. *Macromolecules*, 33(20):7475-7480. <https://doi.org/10.1021/ma0007029>
- Büyüküstün AD, Erişir E, Gumuskaya E (2025) Swelling capacity in carboxymethylcellulose-cellulose hybrid hydrogels: the effects of oxidation with zinc chloride and refining on cellulose used as reinforcement. *Drewno. Prace Naukowe. Doniesienia. Komunikaty*, 68(215):00046. <https://doi.org/10.53502/wood-199710>
- Cabiac A, Guillon E, Chambon F, Pinel C, Rataboul F, Essayem N (2011) Cellulose reactivity and glycosidic bond cleavage in aqueous phase by catalytic and non-catalytic transformations. *Applied Catalysis A: General*, 402:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2011.05.029>
- Chang C, Duan B, Cai L, Zhang L (2010) Superabsorbent hydrogels based on cellulose for smart swelling and controllable delivery. *European Polymer Journal*, 46:92-100. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2009.04.033>
- Cui X, Lee JJ, Chen WN (2019) Eco-friendly and biodegradable cellulose hydrogels produced from low cost okara: towards non-toxic flexible electronics. *Scientific Reports*, 9(1):14851. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54638-5>

- Demetri C, De Sole R, Scalera F, Sannino A, Vasapollo G, Maffezzoli A, Ambrosio L, Nicolais L (2008) Novel superabsorbent cellulose-based hydrogels crosslinked with citric acid. *Journal of Applied Polymer Science*, 110:2453-2460. <https://doi.org/10.1002/app.28660>
- Fan M, Dai D, Huang B (2012) Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Natural Fibres. In: Salih S (ed) *Fourier Transform-Materials Analysis*. InTechOpen, Rijeka, pp 45-68. <https://doi.org/10.5772/35482>
- Gharehkhani S, Sadeghinezhad E, Kazi SN, Yarmand H, Badarudin A, Safaei MR, Zubir MN (2015) Basic effects of pulp refining on fiber properties-a review. *Carbohydrate Polymers*, 115:785-803. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.08.047>
- Heinze T, Seoud OA, Koschella A (2018) Production and Characteristics of Cellulose from Different Sources. In: Kalia S (ed) *Cellulose Derivatives: Synthesis, Structure, and Properties*. Springer, Cham, pp 1-38. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73168-1_1
- Hubbe M, Aguola A, Daystar JS, Venditti RA, Pawlok JJ (2013) Enhanced absorbent products incorporating cellulose and its derivatives: a review. *BioResources*, 8(4):6556-6629. <https://doi.org/10.15376/Biores.8.4.6556-6629>
- Jang SK, Jeong H, Choi IG (2023) The effect of cellulose crystalline structure modification on glucose production from chemical-composition-controlled biomass. *Sustainability*, 15(7):5869. <https://doi.org/10.3390/su15075869>
- Johnson BD, Beebe DJ, Crone WC (2004) Effects of swelling on the mechanical properties of a pH-sensitive hydrogel for use in microfluidic devices. *Materials Science and Engineering: C*, 24(4):575-581. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2003.11.002>
- Krassing HA (1993) Cellulose structure, accessibility, and reactivity. *Polymer Monographs*, Vol. 11. *Gordon and Breach Science Publishers*, 1 Yverdon, pp. 167-169.
- Kumar B, Sauraj, Negi YS (2019) To investigate the effect of ester-linkage on the properties of polyvinyl alcohol/carboxymethyl cellulose based hydrogel. *Materials Letters*, 252:308-312. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.05.118>
- Kundu R, Mahada P, Chhirang B, Das B (2022) Cellulose hydrogels: Green and sustainable soft biomaterials. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5:100252. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100252>
- Kurtuluş OÇ, Ondaral S, Emin N, Kadak AE (2024) Bioaerogels produced from tempo oxidized nano cellulose with chitosan, gelatin, and alginate: general performances for wound dressing application. *Cellulose*, 31:1673-1689. <https://doi.org/10.1007/s10570-024-06282-0>
- Laine C, Wang X, Tenkanen M, Varhimo A (2004) Changes in the fiber wall during refining of bleached pine Kraft pulp. *Holzforchung*, 58(3):248-252. <https://doi.org/10.1515/HF.2004.036>
- Li J, Fang L, Tait WR, Sun L, Zhao L, Qian L (2017) Preparation of conductive composite hydrogels from carboxymethyl cellulose and polyaniline with a nontoxic crosslinking agent. *RSC Advances*, 7:54823-54828. <https://doi.org/10.1021/bk-2010-1033.ch001>
- Liebert T (2010) Cellulose solvents – remarkable history, bright future. In: Liebert TF, Heinze TJ, Edgar KJ (eds) *Cellulose Solvents: For Analysis, Shaping and Chemical Modification*, 1st edn. AS Publishing, Washington DC, pp 3-54.
- Liu J, Howard GD, Lewis SH, Barros MD, Stansbury JW (2012) A study of shrinkage stress reduction and mechanical properties of nanogel-modified resin systems. *European Polymer Journal*, 48(11):1819-1828. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2012.08.009>
- Ma J, Xu Y, Fan B, Liang B (2007) Preparation and characterization of sodium carboxymethylcellulose/poly(N-isopropylacrylamide)/clay semi-IPN nanocomposite hydrogels. *European Polymer Journal*, 43(5):2221-2228. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2007.02.026>
- Milanovic JZ, Kostić MM, Škundrić P (2012) Structure and properties of tempo-oxidized cotton fibers. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 18:473-481. <https://doi.org/10.2298/CICEQ120114024M>
- Pääkkö M, Vapaavuori J, Silvennoinen R, Kosonen H, Ankerfors M, Lindström T, Berglund LA, Ikkala O (2008) Long and entangled native cellulose I nanofibers allow flexible aerogels and hierarchically porous templates for functionalities. *Soft Matter*, 4:2492-2499. <https://doi.org/10.1039/B810371B>
- Pasqui D, De Cagna M, Barbucci R (2012) Polysaccharide-based hydrogels: the key role of water in affecting mechanical properties. *Polymers*, 4(3):1517-1534. <https://doi.org/10.3390/polym4031517>
- Pedersoli Júnior JL (2000) Effect of cellulose crystallinity on the progress of thermal oxidative degradation of paper. *Journal of Applied Polymer Science*, 78(1):61-66. [https://doi.org/10.1002/1097-4628\(20001003\)78:1<61::AID-APP90>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/1097-4628(20001003)78:1<61::AID-APP90>3.0.CO;2-K)
- Qiu H, Yu J (2008) Polyacrylate/(carboxymethylcellulose modified montmorillonite) superabsorbent nanocomposite: preparation and water absorbency. *Journal of Applied Polymer Science*, 107(1):118-123. <https://doi.org/10.1002/app.26261>
- Seki Y, Altinisik A, Demircioğlu B, Tetik C (2014) Carboxymethylcellulose (CMC)-hydroxyethylcellulose (HEC) based hydrogels: Synthesis and characterization. *Cellulose*, 21(3):1689-1698. <https://doi.org/10.1007/s10570-014-0204-8>
- Siller M, Amer H, Bacher M, Roggenstein W, Rosenau T, Potthast A (2015) Effects of periodate oxidation on cellulose polymorphs. *Cellulose*, 22:2245-2261. <https://doi.org/10.1007/s10570-015-0648-5>
- Spagnol C, Rodrigues FH, Pereira AG, Fajardo AR, Rubira AF, Muniz EC (2012) Superabsorbent hydrogel nanocomposites based on starch-g-poly (sodium acrylate) matrix filled with cellulose nanowhiskers. *Cellulose*, 19:1225-1237. <https://doi.org/10.1007/s10570-012-9711-7>
- Uyanga KA, Daoud WA (2021) Green and sustainable carboxymethyl cellulose-chitosan composite hydrogels: Effect of crosslinker on microstructure. *Cellulose*, 28(9):5493-5512. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-03870-2>
- Wach RA, Mitomo H, Yoshii F, Kume T (2001) Hydrogel of biodegradable cellulose derivatives. II. Effect of some factors on radiation-induced crosslinking of CMC. *Journal of Applied Polymer Science*, 81(12):3030-3037. <https://doi.org/10.1002/app.1753>
- Wang Z, Ning A, Xie P, Gao G, Xie L, Li X, Song A (2017) Synthesis and swelling behaviors of carboxymethyl cellulose-based superabsorbent resin hybridized with graphene oxide. *Carbohydrate Polymers*, 157:48-56. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.09.070>

Tıbbi ve Aromatik Bitki Satışı ve Kullanımı: Eskişehir İli Örneği

Sale and use of Medicinal and Aromatic Plants: The Case of Eskişehir Province (Türkiye)

Sefa AKBULUT*¹ 

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

Eser bilgisi / Article info

Araştırma makalesi/Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1665284](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1665284)

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Sefa AKBULUT

e-mail: sakbulut@ktu.edu.tr

Geliş tarihi /Received

25.03.2025

Düzeltilme tarihi/Received in revised form

18.06.2025

Kabul tarihi/Accepted

24.06.2025

Elektronik erişim/Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Aktar

Şifalı bitki

Bitki ticareti

Geleneksel bilgi

Keywords:

Herbalist

Medicinal plant

Plant trade

Traditional knowledge

Özet

Bu çalışma Eskişehir ilinde tıbbi ve aromatik bitki satışında faaliyet gösteren 12 aktar ve bu aktarlardan alışveriş yapan 60 müşteri ile gerçekleştirilmiştir. Firma sahiplerine ve müşterilere iki bölümlü ayrı anket uygulanmıştır ve görüşmeler yüz yüze yapılmıştır. Araştırmada aktarların en çok sattıkları bitkilerde ilk üç sırayı sırasıyla ihlamur, adaçayı ve nane oluştururken, müşterilerin en çok kullandıkları bitkilerde ise ilk üç sırayı ihlamur, nane ve zencefil oluşturmaktadır. Yine aktar ve müşterilerinin bu bitkileri satma ve satın alma sebepleri arasında ilk sıralarda sindirim sistemi bozuklukları, kalp-damar rahatsızlıkları, solunum sistemi bozuklukları ve sinir sistemi bozuklukları yer almaktadır.

Abstract

This study was conducted with 12 herbalists selling medicinal and aromatic plants in Eskişehir and 60 customers who shop from these herbalists. A two-part survey was applied to herbalists and their customers, and interviews were conducted face-to-face. In the study, the top three plants sold by herbalists were linden, sage, and mint, respectively, while the top three plants used by customers were linden, mint, and ginger. Again, the top reasons for herbalists and their customers to sell and buy these plants were digestive, cardiovascular, respiratory, and nervous system disorders.

GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler, farmasötik, kozmetik ve gıda uygulamaları nedeniyle büyük ilgi gören geniş bir bitki grubudur (Yudharaj ve ark. 2016). Dünyada yaklaşık yarım milyon bitki olduğu ve bunların çoğunun tıbbi aktiviteleri açısından henüz araştırılmadığı bilinmektedir. Tıbbi aktivitelerinin gizli potansiyellerinin mevcut ve gelecekteki çalışmaların tedavisinde belirleyici olabileceği için tıbbi bitkilerin umut verici bir geleceği vardır (Singh 2015). Bitkilerin tıbbi olarak kullanımına ilişkin yazılı kaynaklar 5000 yıl öncesine kadar uzanmaktadır (Ertuğ 2014). Anadolu topraklarında ise bitkilerin tıbbi kullanımına ilişkin ilk kayıt 1. yüzyılda Dioscorides'in "De Materia Medica" isimli eseri ile başlar. Günümüze kadar geçen sürede birçok kültüre ait olan bu türden geleneksel bilgilerin korunması ve gelecek nesillere aktarılması ihtiyacı duyulmuştur. Bu bağlamda

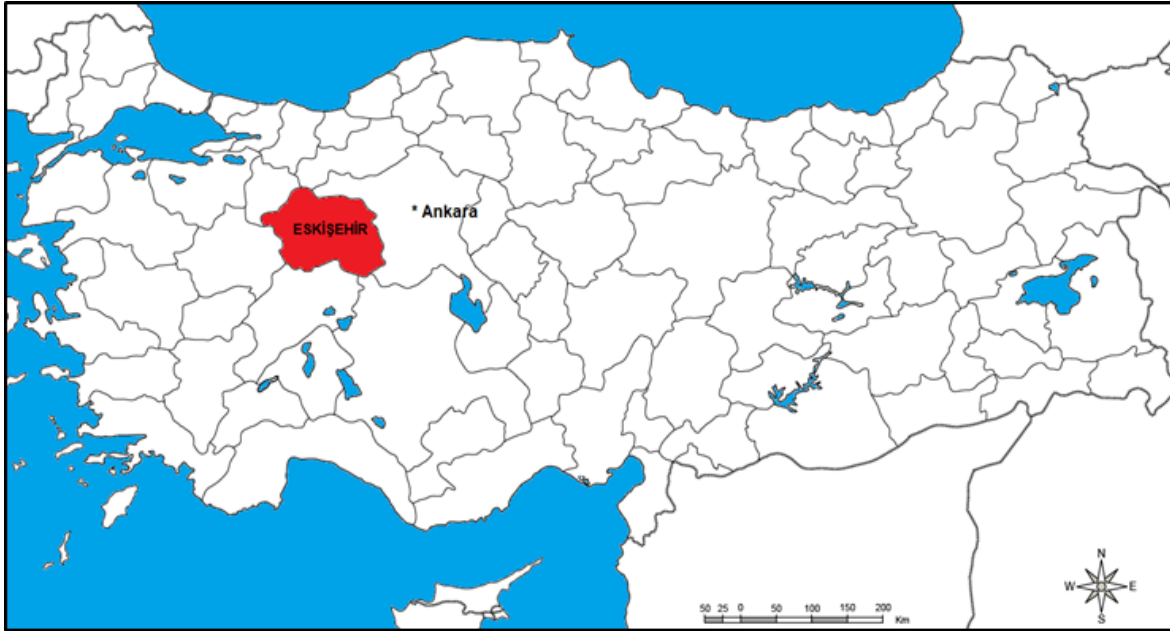
halk tıbbının önemli bir parçası olarak aktarlık mesleği yüzyıllardır tıbbi hammadde temininde önemli bir yer edinmiştir. Baytop (1999) aktarları, ilaçların yapılmasında kullanılan bitkisel, hayvansal ve madensel ilkel maddeleri (drog) satan kişiler tanımlamaktadır ve aktarlık halen daha bitkisel drog ihtiyacının büyük bir bölümünü temin eden meslek grubu olmaya devam etmektedir. Bitkisel kaynaklı drogların tedavide kullanımı da yaygın bir şekilde devam etmektedir (Güveloğlu 2014). Bu durum bitkisel kökenli drogların ilk elden temin edildiği aktarları da popüler hale getirmiştir. Aktarlık sadece tıbbi ve aromatik bitki pazarlayan değil aynı zamanda hasta tedavisi ya da koruyucu halk hekimliği görevlerini de üstlenmiş gibi görünmektedir. Halk arasında çoğunlukla "lokman hekim" olarak görülen aktarların faaliyetleri Tarım ve Orman Bakanlığı ile Sağlık Bakanlığının denetimi altında olduğunun bilinmesi gerekmektedir.

Tıbbi bitkilerin kullanım alanlarının ve kullanan kişilerin sayısının hızla artması, hem yerli hem de ithal bitkisel ürünlerin çeşitliliği, toplum sağlığında da bazı riskleri beraberinde getirmektedir (Şekeroğlu 2015). Bu nedenle aktarların olduğu kadar tüketicilerin de tıbbi ve aromatik bitkileri kullanırken çok dikkatli davranmaları gerekmektedir.

Türkiye, tıbbi ve aromatik bitki ticaretinde söz sahibi Çin, Hindistan, Güney Kore, Pakistan, Bulgaristan gibi ülkeler ile kıyaslandığında ortalamanın oldukça altında kalmaktadır (Schippmann ve ark. 2006). Türkiye florasının günümüzde yaklaşık 12000 takson olduğu (Güner 2012), ticarete konu edilen bitki taksonu sayısının da yaklaşık %3'lere karşılık geldiği ifade edilmektedir (Özgüven ve ark. 2005). Anlaşılacağı üzere bu konu Türkiye için henüz tam olarak değerlendirilmeyen ve geleceği oldukça parlak bir pazar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle Türkiye'deki aktar ve müşteri ilişkilerinin iyi analiz edilmesi ve bu doğrultuda bitkisel ürünler, droglar temin edilmesi sağlanmalı, doğadaki bilinçsiz bitki toplama ve tüketimi önlenmelidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma konusunu, Eskişehir il merkezinde tıbbi ve aromatik bitki satışında faaliyet gösteren 12 aktar ve her bir aktardan alış-veriş yapan 5, toplamda ise 60 müşteri oluşturmaktadır (Şekil 1). Araştırmada aktarlara ve müşterilere iki bölümlü iki ayrı anket uygulanmıştır. Anketler yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Anketlerin ilk bölümlerinde aktar ve müşterilerin demografik özelliklerini, ikinci bölümlerinde ise aktarların en çok sattıkları, müşterilerin ise en çok kullanmayı tercih ettikleri tıbbi ve aromatik bitki taksonlarını belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla kartopu örnekleme yöntemi uygulanmış, anket verilerinin değerlendirilmesinde ise frekans ve çapraz tablolardan yararlanılmıştır. Ayrıca her görüşmeye başlamadan önce Uluslararası Etnobiyoloji Derneği'nin yönergelerindeki etik kurallar esas alınmış ve her anket öncesi Önceden Bilgilendirilmiş Onay (Prior Informed Consent) alınmıştır (ISE 2008).



Şekil 1. Araştırma alanı coğrafi konumu

BULGULAR VE TARTIŞMA

12 aktar ve 60 müşteriye ait demografik özellikler Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir. Aktarların yaşları 27 ile 70 arasında değişmekte olup yaş ortalaması 43'tür. Anket yapılan 12 aktardan sadece biri kadın tarafından

işletilmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda veriler de erkek hâkim bir meslek grubu olduğunu vurgulamaktadır (Toksoy ve ark. 2010, Akbulut ve Bayramoğlu 2013, Çelik 2014, Aşkın Çelik ve ark. 2019). Aktarların eğitim süreleri 5 yıl ile 15 yıl arasında olup, ortalama eğitim süresi 11 yıldır. Bu da şimdiki eğitim

sisteminde lise 3. sınıfa denk gelmektedir. Bir araştırmada Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler (KOBİ)'in ortalama eğitim süresinin 6 yıl olduğu ifade edilmiştir (Akbulut ve Özkan 2016). Buna kıyasla Eskişehir ilindeki aktarların eğitim düzeyi bu ortalamanın üzerindedir.

Çizelge 1. Aktarların demografik özellikleri

Özellikler	Aktar sayısı	Yüzde (%)
Yaş grubu		
20 – 39	3	25
40 – 59	7	58.3
≥ 60	2	16.7
Cinsiyet		
Erkek	11	91.7
Kadın	1	8.3
Eğitim durumu		
İlköğretim	2	16.7
Lise	6	50
Üniversite	4	33.3

Ankete katılan 60 aktar müşterisinin yaşları 20 ile 78 arasında değişmekte olup, yaş ortalaması 42'dir. Katılımcıların 26'sı erkek, 34'ü kadındır. Müşterilerin eğitim süreleri 5 yıl ile 15 yıl arasında değişmektedir. Ortalama eğitim süresi ise 12 yıl olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Müşterilerin demografik özellikleri

Özellikler	Müşteri sayısı	Yüzde (%)
Yaş grubu		
20 – 39	27	45
40 – 59	23	38.3
≥ 60	10	16.7
Cinsiyet		
Erkek	26	43.3
Kadın	34	56.7
Eğitim durumu		
İlköğretim	4	6.7
Ortaöğretim	5	8.3
Lise	24	40
Üniversite	27	45
Meslek		
Ev kadını	7	11.7
Emekli	9	15
Öğrenci	6	10
Memur	11	18.3
Esnaf	7	11.7
İşçi	2	3.3
Diğer	18	30

Aktarların faaliyet süreleri, sattıkları ürün ve çalıştırdıkları işçi sayıları Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre faaliyet süreleri 4 yıl ile 53 yıl arasında değişmektedir. Ortalama işletme süresi ise 20 yıldır. Aktarlarda çalışan sayısı çoğunlukla 3 olup, sadece bir aktarın 11 kişilik bir istihdam sağladığı kayıt edilmiştir.

Çizelge 3. Aktarların yapısal analizi

Aktar faaliyet süreleri (Yıl)	Aktar Sayısı
1 - 19	7
20 - 39	4
≥ 40	1
Aktarlardaki çalışan sayısı (Adet)	Aktar Sayısı
1 – 3	8
4 – 6	3
≥ 7	1
Aktarlardaki ürün sayısı (Adet)	Aktar Sayısı
1 - 499	3
500 - 999	5
≥ 1000	4

Aktarlar arasında 1000'in üzerinde ürün satışı yapanların tıbbi ve aromatik bitki satışının yanında şarküteri, kuruyemiş ve şekerleme ürünlerinin de pazarlamasını yaptıkları gözlemlenmiştir. Bu firmaların en çok sattıklarını beyan ettikleri tıbbi ve aromatik bitkiler Çizelge 4'te sıralanmıştır. Liste oluşturulurken aktarların ankete verdikleri yanıtlar esas alınmıştır. Buna göre satışta ilk üç sırayı ihlamur, nane ve adaçayı almıştır. Türkiye'de aktarlar üzerine yapılan kapsamlı bir araştırmada (Akbulut ve Bayramoğlu 2013), aktarların en çok sattıkları ilk üç bitkinin nane, ihlamur, zencefil olduğu bildirilmiştir. Akbulut ve Özkan (2016) ile Özkan ve Akbulut (2018) tarafından benzer çalışmalarda da ihlamur ve nanenin en çok satılan tıbbi ve aromatik bitkiler olduğu anlaşılmaktadır. Bölgesel farklılıklardan dolayı kekik, civanperçemi ve keten gibi farklı bitkilerin de en çok tüketilen türler listesinde olduğu görülmüştür (Sargin ve ark. 2014). Müşterilerin en çok kullandıklarını söyledikleri bitkiler ise Çizelge 5'te verilmiştir. Bu durum aktarların en çok sattıklarını beyan ettikleri liste ile benzerlik göstermektedir. Müşteri listesinde üçüncü sırada yer alan zencefil, aktarların listesine kıyasla daha üst sıralarda yer almaktadır. Bu durum bitkinin son yıllarda Türkiye'de baharat olarak kullanımının artış göstermesi (Sucu ve Gürbüz 2021) ve COVID-19 pandemisinde virüse karşı, özellikle öksürük giderici tıbbi

bir bitki olarak kullanımının ön plana çıkmasıyla açıklanabilir (Akbulut 2021, Akbulut ve Özkan 2023). Aktar listesinde yer alan tarçın, mahlep ve çörek otu ise müşterilerin en çok satın aldıklarını beyan ettikleri listede yer almamıştır (Çizelge 4). Bu durum müşterilerin bu bitkileri aktarlar dışında, zincir marketlerde de rahatlıkla bulabilmeleri ve tıbbi bitkiden ziyade baharat/gıda kaynağı bir bitki olarak algılamasından ileri gelmektedir. Müşteri bitki listesinde yer alan salep ise aktarların en çok satılan bitkiler listesinde yer almamaktadır (Çizelge 5). Bu bitki özellikle bu yörede ve çevresinde yöre halkı tarafından gıda ve şifa amaçlı kullanımı yaygın olan ancak temin yolları aktarlar dışında pastane, kuruyemişi, market gibi işletme ve satıcılar ile doğadan toplamak suretiyle de olmaktadır. Ayrıca salep, doğadan toplanmak suretiyle ihraç edilmesi yasak olan çiçek soğanları grubunda yer almaktadır (Resmi Gazete 2024). Listede salep "Orchis" olarak yer alsa da Anacamptis, Dactylorhiza, Himantaglossum, Ophrys, Orchis, Serapias cinslerinin de aynı adla satışının yapıldığı aktarlarda yer alan bitkilerin Türkçe ve Latince bitki isimleri listesinden anlaşılmaktadır.

Yapılan benzer çalışmalarda (Toksoy ve ark. 2010, Akbulut ve Bayramoğlu 2013, Sargın ve ark. 2014, Palabaş Uzun ve Şimşir Bozdağ 2022) olduğu gibi her iki araştırma grubunda da en çok tercih edilen bitkilerin Lamiaceae familyasına ait taksonlar olduğu görülmüştür. Tıbbi bitkilerin en çok sıvı infüzyon ve dekoksasyon şeklinde sıvı solüsyonlar olarak hazırlandığı saptanmıştır. En çok kullanılan bitki kısmı ise yapraklar olmuştur. Farklı araştırmalarda da benzer durum tespit edilmiştir (Polat ve ark. 2011, Tulukcu ve Sağdıç 2011, Sargın ve ark. 2014, Palabaş Uzun ve Koca 2020, Şen ve ark. 2022). Bu çalışmada diğer yaygın kullanım şekilleri ise toz, baharat ve tıbbi yağ şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

2013 yılında yayınlanan "Takviye Edici Gıdalar Tebliği" ile gıda takviyesi ürünlerin üretimden satışına kadarki süreci belirlenmiştir (Resmi Gazete 2013). Aktarlar sattıkları ürünleri çoğunlukla kutu, poşet, plastik kaplarda muhafaza ettiklerini ifade etmişlerdir. Ancak bazı

ürünlerin hala daha çuvalarda satışının da yapıldığı görülmüştür. Aktarlar çoğunlukla paketlenmiş hazır ürünlerin satışını yaparken, bazıları ürünleri temizleme, paketleme, öğütme işlemlerini kendilerinin yaptığını söylemişlerdir.

Aktarlar bu bitkileri müşterilerinin en çok sağlık problemleri için satın aldıklarını söylemektedirler. Bunu sırasıyla gıda, güzellik, geleneksel adetler ve dini inanış gibi sebepler izlemektedir. Tıbbi amaçlı sattıkları bitkilerin en çok sindirim sistemi rahatsızlıkları için kullanıldığını ifade etmişlerdir. Bunu sırasıyla solunum sistemi, kalp-damar rahatsızlıkları, uyku problemleri, stres, kısırlık ve cilt problemleri takip etmektedir. Yaşar ve ark. (2019) tarafından Eskişehir aktarlarında yapılan başka bir çalışmada da bitkilerin öksürük, migren, hemoroid, şeker hastalığı, iltihap, böbrek taşı, prostat, mide, ağız kokusu, romatizma, sedatif, kalp ve karaciğer rahatsızlıkları tedavisinde kullanıldığı bildirilmiştir. Müşterilerin tıbbi ve aromatik bitkileri satın alma sebepleri sorulduğunda ise ilk sırayı sindirim sistemi bozukluğu almıştır. Bunu sırasıyla sinir sistemi bozukluğu, kalp-damar rahatsızlıkları, solunum sistemi bozukluğu, yara iyileştirme, kansızlık, diyabet takip etmiştir. Aktarların tıbbi bitkilerin satın alınma sebepleri arasında saydığı kısırlık, müşterilerin tıbbi bitkileri satın alma sebepleri arasında yer almamaktadır. Çiftlerin bebek sahibi olamamaları ile ilgili durum, özellikle aile başta olmak üzere yakın çevre tarafından bir baskı unsuru olarak güncelliğini korumaktadır. Müşterilerin bu konuda sessiz kalması, kendilerinde bir kusur ya da eksiklik olabileceği düşüncesinin oluşmasına karşı bir önlem olarak algılanmıştır. Akbulut ve Bayramoğlu (2013), Türkiye'de yaptıkları kapsamlı çalışmada bu çalışma bulgularına benzer şekilde sindirim sistemi, solunum sistemi ve cilt hastalıklarının öncelikli hastalıklar arasında yer aldığını, kısırlığın ise son sıralarda yer bulduğunu ifade etmişlerdir. Toksoy ve ark. (2010) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yapılan bir araştırmada, tıbbi ve aromatik bitkilerin çoğunlukla bağırsak ve idrar yolları hastalıklarının tedavisi için kullanıldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Aktarların en çok sattıkları bitkiler

Botanik adı	Familyası	Türkçe adı	Kullanılan kısmı
<i>Tilia</i> spp.	Malvaceae	İhlamur	Çiçek
<i>Mentha x piperita</i> L.	Lamiaceae	Nane	Yaprak
<i>Salvia officinalis</i> L.*	Lamiaceae	Adaçayı	Yaprak
<i>Melissa officinalis</i> L.	Lamiaceae	Oğulotu	Yaprak
<i>Zingiber officinale</i> Roscoe*	Zingiberaceae	Zencefil	Rizom
<i>Cassia fistula</i> L.*	Fabaceae	Sinameki	Çiçek
<i>Thymus</i> spp.	Lamiaceae	Kekik	Yaprak
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Fabaceae	Keçiboynuzu	Meyve
<i>Urtica dioica</i> L.	Urticaceae	Isırgan	Tohum
<i>Rosa canina</i> L.	Rosaceae	Kuşburnu	Meyve
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Fabaceae	Meyan	Kök
<i>Laurus nobilis</i> L.	Lauraceae	Defne	Yaprak
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Apiaceae	Rezene	Yaprak
<i>Nigella sativa</i> L.	Ranunculaceae	Çörekotu	Tohum
<i>Prunus mahaleb</i> L.	Rosaceae	Mahlep	Tohum
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	Asteraceae	Papatya	Çiçek
<i>Neolitsea cassia</i> (L.) Kosterm.*	Lauraceae	Tarçın	Kabuk

*Egzotik bitkiler

Çizelge 5. Müşterilerin en çok kullandıkları bitkiler

Botanik adı	Familyası	Türkçe adı	Kullanılan kısmı
<i>Tilia</i> spp.	Malvaceae	İhlamur	Çiçek
<i>Mentha x piperita</i> L.	Lamiaceae	Nane	Yaprak
<i>Zingiber officinale</i> Roscoe*	Zingiberaceae	Zencefil	Rizom
<i>Salvia officinalis</i> L.*	Lamiaceae	Adaçayı	Yaprak
<i>Melissa officinalis</i> L.	Lamiaceae	Oğulotu	Yaprak
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Fabaceae	Keçiboynuzu	Meyve
<i>Urtica dioica</i> L.	Urticaceae	Isırgan	Tohum
<i>Cassia fistula</i> L.*	Fabaceae	Sinameki	Çiçek
<i>Rosa canina</i> L.	Rosaceae	Kuşburnu	Meyve
<i>Thymus</i> spp.	Lamiaceae	Kekik	Yaprak
<i>Laurus nobilis</i> L.	Lauraceae	Defne	Yaprak
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Apiaceae	Rezene	Yaprak
<i>Orchis</i> spp.	Orchidaceae	Salep	Yumru
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Fabaceae	Meyan	Kök

*Egzotik bitkiler

Müşterilere karşılaştıkları sağlık sorunlarında ilk nereye tercih ettikleri sorulmuştur. Buna göre katılımcıların ilk tercihi %65 ile hastane olmuştur. %35'lik bir kesim ise aktara gitmeyi tercih etmişlerdir (Çizelge 6). Önceki yıllarda yapılan çalışma sonuçlarına kıyasla (Akbulut ve Bayramoğlu 2013, Akbulut 2015, Akbulut ve Özkan 2016,

Özkan ve Akbulut 2019) aktarlara olan talebin arttığı anlaşılmaktadır. Bu artışın sebepleri arasında medikal ilaçların yan etkilerinin fazla olması, sosyal güvence kapsamı dışına çıkarılan ilaçlar, doğal tedavi yöntemlerine olan ilgi ve özellikle COVID-19 pandemisinin etkisi olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 6. Müşterilerin sağlık sorunlarında gitmeyi tercih ettikleri ilk yerler

Sağlık sorunlarında ilk tercih ettikleri yer	Kişi (adet)	Yüzde (%)
Sadece hastaneye giderim	18	30
Önce hastaneye sonra aktara giderim	21	35
Önce aktara sonra hastaneye giderim	16	26.7
Sadece aktara giderim	5	8.3

SONUÇ

Eskişehir ilinde faaliyet gösteren bazı aktar firmalarında en fazla satışı yapılan 17 farklı bitkiyi listelenmiştir. Bu bitkilerin en çok sindirim sistemi, solunum sistemi ve kalp-damar rahatsızlıklarının tedavisinde kullanıldığı anlaşılmıştır. Katılımcıların önemli bir kısmı aktarları sağlık sektörünün bir parçası olarak görmekte olup “Önce aktara sonra hastaneye giderim (%26.7)” ve “Sadece aktara giderim (%8.3)”, gerek ilk gerekse tamamlayıcı tedavide tıbbi ve aromatik bitkileri benimsemektedir. Tıbbi bitkiler geleneksel ilaçların zengin kaynakları olarak kabul edilmekte ve modern medikal ilaçların yerine kullanılmaktadır.

Araştırma sonuçları, aktarların sattığı tıbbi ve aromatik bitkiler ile müşterilerin satın aldıkları tıbbi-aromatik bitkilerin büyük oranda örtüştüğünü göstermiştir. Ancak listelerde yer alan, bilimsel olarak farklı cinslere ait bitkilerin kekik, salep, papatya gibi aynı isim altında satışının yapıldığı anlaşılmaktadır. Bazı familyalarda birbirine benzeyen, etken madde içerikleri birbirinden farklı hatta zehirleyici etkileri olabilen cinsler yer almaktadır. Kekik (*Thymus*) adı altında *Thymbra*, *Satureja* *Origanum* cinslerinin; Papatya (*Matricaria chamomilla*) adı altında *Anthemis*, *Chrysanthemum*, *Helichrysum*, *Bellis* cinslerinin; Salep (*Orchis*) adı altında da *Anacamptis*, *Dactylorhiza*, *Himantoglossum*, *Ophrys*, *Serapias* cinslerinin satılması buna örnektir. Aktarlardan bazılarının aynı adla satılan bitkilerdeki bilimsel cins ayırımının farkında olduğu, müşterilerin ise bir bilgisinin olmadığı görülmüştür.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin yetiştirilmesi, işlenmesi, bitkisel ilaçların üretimi ve ekonomiye kazandırılması için tarımsal-endüstriyel teknolojilerin hayata geçirilmesi gerekir. Tıbbi ve aromatik bitkiler yeni ilaçların ve gıdaların kaynaklarıdır. Tıbbi ve aromatik bitkilerin önemli bir pazar payına sahip olması nedeniyle gerek aktarlık mesleği, gerekse bitkilerden daha fazla yararlanma isteği giderek artmaktadır. Ancak halen daha tıbbi bitkilerin satışı ve kullanımına yönelik net bir standardizasyon yapılabilmemiş değildir.

TEŞEKKÜR

Anket çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen ve rehberlik eden Eskişehir aktarlarına, çalışanlarına ve şehir halkına içten teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- Akbulut S (2015) Differences in the traditional use of wild plants between rural and urban areas: the sample of Adana. *Studies on Ethno-Medicine*, 9(2): 141-150.
- Akbulut S, Bayramoglu MM (2013) The trade and use of some medicinal and aromatic herbs in Turkey. *Studies on Ethno-Medicine*, 7: 67-77.
- Akbulut S, Özkan ZC (2016) Herbalist-customer profile in medicinal and aromatic herbs trade: a case study of Kahramanmaraş, Turkey. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 16(1): 246-252 <https://doi.org/10.17475/kujff.88816>
- Akbulut S (2021) Medicinal plants preferences for the treatment of covid-19 symptoms in Central and Eastern Anatolia. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 21(3): 196-207. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1048372>
- Akbulut S, Özkan ZC (2023) Kuzey Anadolu’da Covid-19 semptomlarına karşı kullanılan tıbbi ve aromatik bitkiler. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 24(1): 87-95. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.1197089>
- Aşkın Çelik T, Şentürk M, Aslantürk ÖS (2019) Aydın il merkezinde faaliyet gösteren aktarların kişisel ve mesleki özelliklerinin belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2): 126-135.
- Baytop T (1999) Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi “Geçmişte ve Bugün”. 2. Basım. Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.
- Çelik Y (2014) Konya ilinde tıbbi ve aromatik bitki satışı yapan aktarların sosyo-ekonomik yapıları üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(3): 369-376.
- Ertuğ F (2014) Etnobotanik. In: Güner, A. ve T. Ekim (Eds.), Resimli Türkiye Florası. Cilt 1. Ali Nihat Gökyiğit Vakfı, Flora Araştırmaları Derneği ve Türkiye İş Bankası Kültür Yayını, İstanbul, ss. 319-420.
- Güner A (2012) Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları, Flora Dizisi 1, İstanbul.
- Güveloğlu E (2014) Kanser İyileşir. Hayygrup Yayıncılık Ltd Şti, İstanbul.
- ISE (2008) International society of ethnobiology code of ethics (with 2008 additions). <http://ethnobiology.net/code-of-ethics/>. Erişim Tarihi: 12.05.2024.
- Özguven M, Sekin S, Gürbüz B, Şekeroğlu N, Ayanoğlu F, Erken S (2005) Tütün, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretimi ve Ticareti. In: VI. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı. Ankara, ss: 481-501.
- Özkan ZC, Akbulut S (2018) Tıbbi ve aromatik bitki ticaretinde aktar-müşteri ilişkileri: Düzce ili örneği. In: 4th International Non-Wood Forest Products Symposium, Bursa/Turkey, ss: 266-272.
- Özkan ZC, Akbulut S (2019) Tıbbi ve aromatik bitki ticaretinde aktar-müşteri ilişkileri: Yalova ili örneği. In: 2nd International Congress of Geographical Education, Eskişehir/Turkey, ss: 1024.
- Palabaş Uzun S, Koca C (2020) Ethnobotanical survey of medicinal plants traded in herbal markets of Kahramanmaraş. *Plant Diversity*, 42(6): 443-454. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2020.12.003>

- Palabaş Uzun S, Şimşir Bozdağ R (2022) Ethnobotanical study on traded medicinal plants and herbal market analyses in Gaziantep/Turkey. *Applied Ecology & Environmental Research*, 20(5): 3955-3976. https://doi.org/10.15666/aeer/2005_39553976
- Polat R, Satıl F, Çakılcıoğlu U (2011) Medicinal plants and their use properties of sold in herbal market in Bingöl (Turkey) district. *Biological Diversity and Conservation*, 4(3): 25-35.
- Resmi Gazete (2013) Türk Gıda Kodeksi Takviye Edici Gıdalar Tebliği (Tebliğ No: 2013/49). Resmi Gazete Sayı: 28737, 16.08.2013.
- Resmi Gazete (2024) Doğal Çiçek Soğanlarının 2016 yılı İhracat Listesi Hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2024/41). Resmi Gazete Sayı: 32752, 14.12.2024.
- Sargin SA, Selvi S, Erdoğan E (2014) The handling characteristics of the medicinal plants which sold in herbalists in Alaşehir (Manisa) region. *Biological Diversity and Conservation*, 6(3): 40-45.
- Schippmann U, Leaman D, Cunningham AB (2006) A Comparison of Cultivation and Wild Collection of Medicinal and Aromatic Plants Under Sustainability Aspects. In: Bogers RJ (Ed.) *Medicinal and Aromatic Plants*. Springer, Dordrecht, pp. 75-95.
- Singh R (2015) Medicinal plants: a review. *Journal of Plant Sciences. Special Issue: Medicinal Plants*, 3(1-1): 50-55. <https://doi.org/10.11648/j.jps.s.2015030101.18>
- Sucu M, Gürbüz İ (2021) Farklı kaynaklardan temin edilen zencefil (*Zingiber officinale Roscoe*) rizom örneklerinin farmakopeye uygunluğunun araştırılması. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 11(3): 481-491. Doi: 10.31020/mutfd.917305.
- Şekeroğlu N (2015) Geçmişten günümüze aktarlık mesleği ve modern aktarlık. *BAKDERgi*, 1(2): 10-11.
- Şen G, Akbulut S, Karaköse M (2022) Ethnopharmacological study of medicinal plants in Kastamonu Province (Türkiye). *Open Chemistry*, 20: 873-911. <https://doi.org/10.1515/chem-2022-0204>
- Toksoy D, Bayramoglu M, Hacisalihoglu S (2010) Usage and the economic potential of the medicinal plants in Eastern Black Sea Region of Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 31:623-628.
- Tulukcu E, Sağdıç O (2011) Konya'da aktarlarda satılan tıbbi bitkiler ve kullanılan kısımları. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(4): 304-308.
- Yaşar Hİ, Koyuncu O, Turan Koyuncu F, Kuş G (2019) Sale of medicinal and aromatic plants and economic dimensions in Eskişehir herbalist. *Research Journal of Biology Sciences*, 12(2):25-28.
- Yudharaj P, Shankar M, Sowjanya R, Sireesha B, Ashok Naik E, Jasmine Priyadarshini R (2016) Importance and uses of medicinal plants: an overview. *International Journal of Preclinical & Pharmaceutical Research*, 7(2): 67-73.

Investigation of Thermal Conductivity and Mechanical Properties of Gypsum Particleboard Reinforced with Fiber-Reinforced Polymers

Fiber Takviyeli Polimerlerle Güçlendirilmiş Alçılı Levhaların Isıl İletkenlik ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması

Halil Turgut ŞAHİN¹, Esen ÇAM¹, Yasemin ŞİMŞEK TÜRKER^{*2}, Şemsettin KILINÇARSLAN²

¹Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forest, Department of Forest Products Engineering, Isparta

²Suleyman Demirel University, Faculty of Engineering and Nature, Department of Civil Engineering, Isparta

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1628563

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Yasemin ŞİMŞEK TÜRKER

e-mail: yaseminturker@sdu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

28.01.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

29.05.2025

Kabul tarihi / Accepted

26.06.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Keywords:

Fiber-reinforced polymer

Particleboard

Gypsum

Thermal conductivity

Mechanical properties

Anahtar kelimeler:

Fiber takviyeli polimer

Yonga levha

Alçı

Isı iletkenliği

Mekanik özellikler

Abstract

Engineering composites such as particleboard have widespread use in various fields, but low mechanical strength and sensitivity to environmental factors limit the performance of these materials. In this study, mechanical and thermal properties such as thermal conductivity, density, flexural strength, and modulus of elasticity of wood-reinforced gypsum boards reference boards and fiber-reinforced polymer (FRP) applied wood-reinforced gypsum boards were investigated according to wood and bark ratios. The results showed that the material composition significantly affects these properties. Thermal conductivity increased with increasing wood ratio, while it decreased with increasing bark ratio. FRP application increased thermal conductivity in all samples and was found to be related to density. In terms of density, samples with high wood ratios were heavier and denser with FRP. While flexural strength decreased with increasing bark ratio, FRP application increased the flexural strength. These findings show the positive effects of FRP on wood-reinforced gypsum boards and its high performance potential in the construction industry.

Özet

Yonga levha gibi mühendislik kompozitleri çeşitli alanlarda yaygın kullanıma sahiptir, ancak düşük mekanik dayanım ve çevresel faktörlere karşı duyarlılıkları bu malzemelerin performansını sınırlamaktadır. Bu çalışmada, alçı referans levhalar ve fiber takviyeli polimer (FRP) uygulanmış alçı levhaların ısıl iletkenlik, yoğunluk, eğilme dayanımı ve elastisite modülü gibi mekanik ve termal özellikleri odun ve kabuk oranlarına göre incelenmiştir. Sonuçlar, malzeme kompozisyonunun bu özellikleri önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Isıl iletkenlik, odun oranı arttıkça artarken, kabuk oranı arttıkça azalır. FRP uygulaması, tüm numunelerde ısıl iletkenliği artırmış ve yoğunlukla ilişkili bulunmuştur. Yoğunluk açısından, odun oranı yüksek numuneler FRP ile daha ağır ve yoğun olmuştur. Eğilme dayanımı, kabuk oranı arttıkça azalırken, FRP uygulaması dayanımı artırmıştır. Bu bulgular, FRP'nin ahşap takviyeli alçılı levhalar üzerindeki olumlu etkilerini ve inşaat sektöründeki yüksek performans potansiyelini göstermektedir.

INTRODUCTION

Natural forest resources have historically been used by humans for various purposes since ancient times. The most important reason for this is that, thanks to the self-renewal feature of forests, materials that are easy to process and cheaper in terms of cost, such as wood raw materials, can be provided (As et al. 2006, Boonstra and Tjeerdsma 2006, Akgül et al. 2009, Akyürek 2019). In addition, the renewable nature of forests provides a significant advantage for wood raw materials compared

to other types of raw materials. The increasing population and the urbanization process that develops in parallel with this cause the demand for forest products to constantly increase (Candelier et al. 2016, Cavus et al. 2019, Chu et al. 2020). Nowadays, wood raw material is used in many sectors (construction, decoration, energy, communication, etc.), which leads the forest products industry to engage in intensive production activities in regions where forest resources are abundant (Kurtoglu

and Sofuoglu 2013, Kardas 2014, Kilincarslan and Turker 2020, Kilincarslan et al. 2020).

In recent years, the rapid increase in demand for wood raw materials, the limited forest areas, and the destruction of forests in many regions have created difficulties in terms of quality and quantity in the supply of this raw material (Brookfield 2001, Brookfield 2007, Ango et al. 2014, Battistoni 2017, Ango et al. 2020, Balée et al. 2020). Many studies are being carried out worldwide and these studies are continuing to prevent further destruction of forests and to research alternative lignocellulosic materials that can be used instead of forest resources. These studies have revealed positive results and predictions that wood residues (branches, bark, needles, etc.) obtained from forests, wastes obtained from agricultural activities, and fast-growing annual plants can be used instead of wood or with wood (Odegard et al. 2014, Dutta et al. 2017, Jafarian et al. 2016, Slätmo and Nilsson 2019).

Gypsum is one of the oldest materials used in the construction sector throughout history. Today, gypsum-based products are used not only for decoration purposes but also for their structural and adhesive properties. Gypsum reserves are sufficient and mostly concentrated in the Central-Northern Anatolia and Eastern Anatolia regions (Ameta et al. 2007, Ahmed and Ugai 2011, Al-Hokabi et al. 2021). Gypsum is chemically composed of calcium sulfate-based minerals and can be divided into two main categories: natural and synthetic gypsum according to its mineral components. In addition, it is possible to divide gypsum into different classes such as alpha, beta, anhydrite I and III according to its setting time and durability properties (Ismail and Hilo 2008, Jaksa

2010, Hastuty 2019, Dubrovina et al. 2021, Dutta and Yadav 2022).

Nowadays, energy stands out as one of the most critical factors in the strategic planning of countries (Jain et al. 2014, Chou and Tran 2018, Bui et al. 2019, Ocampo Batlle et al. 2019). With the rapid depletion of energy resources worldwide, governments have begun to develop various strategies to meet energy demands and use energy more efficiently. According to analyses by the European Commission's Directorate General for Energy and Transport, total energy consumption is distributed as follows: 32% for transportation, 28% for industry, and 40% for buildings. In addition, it has been determined that 85% of the energy used in buildings is for heating purposes. This data clearly shows that the greatest saving potential in terms of energy efficiency is in buildings (Neto and Fiorelli 2008, Deb et al. 2017, Xiao et al. 2018). The dense building stock in Turkey and the rapid growth in the construction sector further emphasize the importance of thermal insulation. Thermal insulation not only reduces energy consumption but also provides climatic and auditory comfort by using the right insulation materials and plays an important role in terms of fire safety for buildings.

The thermal conductivity properties of gypsum particle boards are crucial both theoretically and practically. These boards, made from gypsum, water, and additives, are often used for thermal insulation due to gypsum's low thermal conductivity. However, their thermal conductivity can vary based on factors such as the type of additives, thickness, and density of the board. The conductivity is closely tied to the interaction of the material components and production parameters. To

enhance the thermal performance of gypsum particle boards, it is essential to examine these factors in detail (Kaya et al. 2021, Yalcin and Kaya 2022).

Thermal conductivity, measured in W/m K, is a key parameter that indicates the properties of a material to transfer energy due to a temperature difference. Materials with high thermal conductivity conduct heat quickly, while those with low conductivity provide better insulation (Huang et al. 2012, Jasmee et al. 2021, Yang et al. 2021, Davraz et al. 2024). This property is crucial for the efficiency of building insulation, heating, and cooling systems (Chen et al. 2016, Yang et al. 2016, Zhou et al. 2017, Oluwalowo et al. 2019). In gypsum particleboards, thermal conductivity directly impacts energy savings and indoor comfort. Accurately determining these properties is also essential for setting national and international energy performance standards for buildings. The thermal conductivity of gypsum particleboards depends on factors such as the raw materials used, the additive ratios, board density, and production methods. Understanding these factors is vital for improving the design and production of gypsum particleboards, making them more efficient and environmentally friendly (Kaya et al. 2021, Yalcin and Kaya 2022). The examination of these properties offers opportunities to optimize these materials for better energy performance and sustainability in the building sector.

Today, urea formaldehyde-bonded particleboards are widely used. Engineering composites such as particleboards are widely used in the construction, furniture, and automotive sectors. The mechanical strength of particleboards and their sensitivity to

environmental factors limit the performance of these materials in various applications (Pedzik et al. 2021, Hidayat et al. 2022). In recent years, FRP technologies have come to the fore. Fiber-reinforced polymers consist of high-strength fibers such as glass, carbon or aramid arranged in a polymer matrix. These composites have the potential to significantly increase the strength, rigidity, impact resistance and wear resistance of particleboards (Campbell et al. 2011, Khan and Yousif 2017, Vinod et al. 2018, Sugiman et al. 2020).

Fiber-reinforced polymers can be combined with gypsum particle boards through surface coatings or internal reinforcement, with glass fiber often chosen for its cost-performance balance and carbon fiber for lightweight, superior mechanical properties. These composites enhance the durability of particle boards and improve their resistance to environmental factors, such as moisture and temperature changes. The polymer matrix strengthens particle boards, making them more robust. Additionally, FRPs and particle boards can be combined using advanced engineering techniques, like sandwich structures, to fully leverage the benefits of both materials. In previous studies, there are few studies on strengthening gypsum particle boards with FRP. The use of innovative properties of fiber reinforced polymers in this field will be an important step for the wooden construction industry. This study investigates the mechanical and thermal conductivity properties of gypsum particleboard reinforced with carbon fiber-reinforced polymers. The paper is organized as follows: Section 2 covers the specimen details, particleboard properties, FRP application, and testing methods; Section

3 presents experimental results; and Section 4 offers the conclusions.

MATERIALS AND METHODS

Cedar Wood Chips and Gypsum

The cedar wood used in the study was obtained from cedar forests in the Yalvac-Isparta region, from the idle parts formed during wood harvest. The gypsum used as an adhesive in the production of the test panels was purchased from the market in 35 kg bags as commercially sold and used as supplied. The general properties of the gypsum (perlite gypsum) used in the study are shown in Table 1.

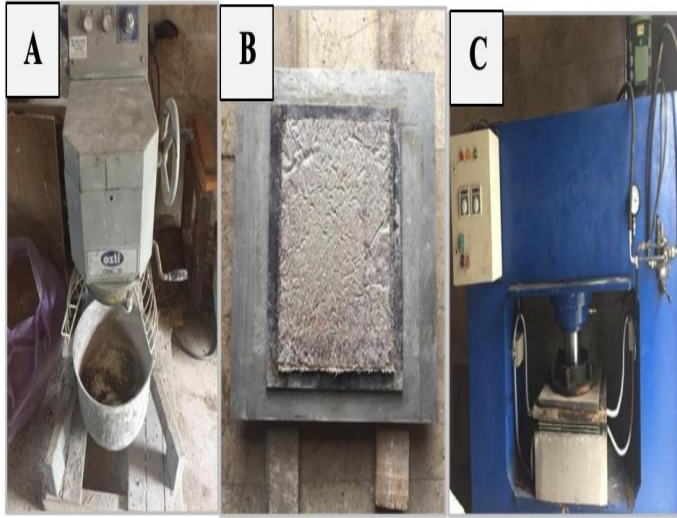


Figure 1. Production stages of the wood-reinforced gypsum boards (A): Making the mixture, (B): Making the surface smooth, (C) Pressing process

Preparation of Raw Material and Production of Boards

Cedar wood was chipped (crumbled) in a hammer mill under laboratory conditions and then dried in the open air until it became air-dry after being brought to appropriate dimensions (1-5 cm). Cedar wood chips were mixed with gypsum, whose weight measurements

were made on a precision scale (± 0.10 gr), in a laboratory-type mixer. The mixing process was generally applied for 5-10 minutes. A metal mold with a width of 400 x 400 mm and a thickness of 10 mm was used in the preparation of the plate draft. The plate was transferred to the pressing mold, which was previously placed with oiled paper. The reason for using these oiled papers is to prevent the sheets from sticking to the press sheets during and after pressing. After the mixture was homogeneous, it was poured into the molds and then the surface was smoothed with a trowel. The sheets were cold pressed in a laboratory-type hydraulic press and removed from the mold after waiting for about 1 day. The pressure of the press used in the production of the test sheets was 2-3 MPa, and the pressing time was 1 day. The thickness of the produced sheets was 10 mm, and the dimensions were 400x400 mm. During the production of the sheets, no hydrophobic material was used to prevent water from entering the sheet draft and increasing the thickness. The production stages of the wood-reinforced gypsum boards produced are given in Figure 1.

Application of Fiber-Reinforced Polymer to the Produced Wood-Reinforced Gypsum Boards

Carbon FRP was applied to the surface of the produced sheets. Carbon fiber-reinforced fabrics were used to strengthen the boards. The carbon-based MasterBrace fabric is sourced from ÜNAL TEKNİK®. FRP fabric reinforcement was primarily done in four steps. The surface of gypsum particleboard was first cleaned, then primer was applied to it (Figure 2(A)). Following the application of primer, adhesive was applied to the surface within one to one and a half hours. The adhesive

used in the study is a special epoxy adhesive produced for carbon fiber reinforced polymers. This adhesive was mixed with the hardener at a ratio of 1/2 and applied to the surface. The next step involves winding fiber polymer textiles onto the adhesive-coated surface. In the last step, adhesive is applied on the fiber-reinforced fabric (Figure 2(B)). The thickness of the carbon fiber reinforced fabrics applied to the surface is 500 mm, and the elasticity modulus is 230000 MPa.

The IDs, mixing ratios, and FRP application conditions of the board produced in the study are given in Table 2.

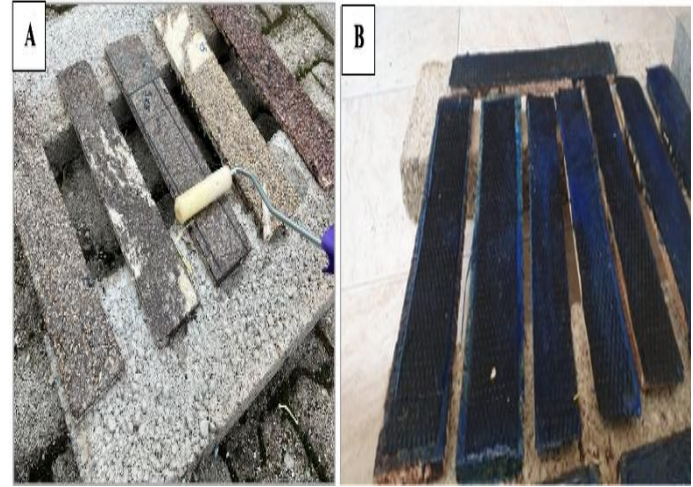


Figure 2. FRP application (A) Applying primer to the surface, (B) Wood-reinforced gypsum boards after FRP application

Table 1. Technical properties of the gypsum used in the study TS EN 13279-1(2009) light gypsum for building with high gypsum ratio (manually applied)

Water/gypsum usage ratio (volume, lt. /weight, kg)	6.0–6.5/10
Initial setting time (Minutes, according to)	> 20 dk.
Usage time after the mixture is prepared (minutes)	60
Freezing time after application (minutes)	150
Compressive strength (minimum; 4x4 block, 4x4x16 cube block)	25 kgf/cm ²
Flexural fracture strength (minimum)	10 kgf/cm ²
The amount passing through 150 Micron sieve (min., %)	60
Loose unit weight (powder)	750 – 850 kg/m ³
Dry unit weight (powder)	950 – 1000 kg/m ³
Thermal conductivity value	0.34 W/mK
Fire response	A1
Standard	TS EN 13279-1 B4/20/2

Table 2. ID of the sheets, mixing ratios (%), and FRP application conditions

Particle ID	Wood (gr)	Bark (gr)	Gypsum (gr)	FRP Application	FRP-Layer Number
W5B0-R	500	0	1000	-	-
W4B1-R	400	100	1000	-	-
W3B2-R	300	200	1000	-	-
W2B3-R	200	300	1000	-	-
W1B4-R	100	400	1000	-	-
W0B5-R	0	500	1000	-	-
W5B0-C	500	0	1000	Carbon FRP	2
W4B1-C	400	100	1000	Carbon FRP	2
W3B2-C	300	200	1000	Carbon FRP	2
W2B3-C	200	300	1000	Carbon FRP	2
W1B4-C	100	400	1000	Carbon FRP	2
W0B5-C	0	500	1000	Carbon FRP	2

Firstly, the thermal conductivity values of the produced wood-reinforced gypsum board were determined, and then their mechanical properties were examined. Particleboard samples are kept in standard ambient conditions before mechanical properties and thermal conductivity coefficient tests. In this study, gypsum boards were kept at 20 ± 2 °C temperature and $65 \pm 5\%$ relative humidity. Samples were kept in this environment until humidity reached equilibrium before the experiments, and the equilibrium was checked with daily mass measurements. When less than 0.1% mass change was observed in 24 consecutive hours, the sample was considered ready for testing.

Determination of Density

In this study, the density values of gypsum-bonded particleboards were determined in accordance with standard testing procedures commonly applied for wood-based composite materials. Prior to testing, all specimens were conditioned in a climate-controlled room at 20 ± 2 °C temperature and $65 \pm 5\%$ relative humidity until reaching equilibrium moisture content, in line with TS EN 322 (1996) and TS EN 634-2 (2009) Standards. For the density determination, specimens were cut into standard-sized rectangular pieces, and both their dimensions and mass were precisely measured. The density (ρ) of each sample was calculated using the following equation:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

where:

ρ is the density of the specimen (kg/m^3),

m is the oven-dry mass of the specimen (kg),

V is the volume of the specimen (m^3), calculated as the product of its length, width, and thickness.

The mass of the specimens was measured using a precision balance with an accuracy of 0.01 g, while the dimensions were determined with a digital caliper to an accuracy of 0.01 mm. The volume was computed by multiplying the length, width, and thickness values obtained for each specimen.

Determination of Thermal Conductivity (k)

A Lasercomp HFM Fox-50 heat flow meter device has been used to test thermal conductivity under the parameters specified in ASTM C518 and ISO 8301 standards. Thermal conductivity varies depending on the content of the samples. Figure 3 shows the device's operating principle.

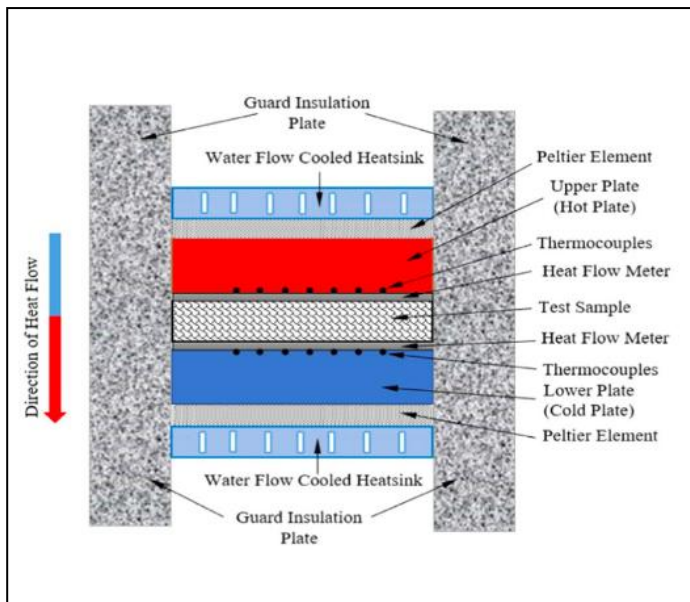


Figure 3. Schematic diagram of heat flow meter

In the HFM device test, a sample is placed between two plates of varying temperatures. The Peltier effect maintains these plates at a stable, constant temperature. The heat flow meter now uses thermocouples on the upper and lower plates of the apparatus to monitor temperatures and thermal flow along the sample. Thermal conductivity is calculated when HFM produces a

uniform temperature gradient and thermal equilibrium. The Fourier thermal conductivity equation below determines the thermal conductivity as measured by the HFM instrument. The numerical analysis also resolved the 1D steady-state heat transport equation.

$$Q = -k_x A \frac{\Delta T}{\Delta x} \text{ and } Q = -k_y A \frac{\Delta T}{\Delta y} \dots\dots\dots(2)$$

Heat flow is represented by Q (W), thermal conductivity by k (W/mK), total surface area by A (m²), temperature differential between surfaces by ΔT (K), and sample thickness by x and y (m) in this equation. Using this formula and the calibrated software, HFM measures, logs, and prints the results. Before beginning the studies, the device is calibrated using a Pyrex calibration file and Pyrex-7740, whose thermal conductivity is known for a few temperatures. Furthermore, the reproducibility of the measurements and the dependability of the results have been examined.

By EN 12664 standards, thermal conductivity was measured using a Fox-50 HFM. Measurements were made starting at -10 °C and increasing by 5 °C at a time to 50 °C. The density of samples in the research ranged from 8.9 kg/m³ to 60 kg/m³. The entire active surface (100 x 100 mm) is integrated by the heat flux transducer to provide a precise measurement of the overall heat flow. Since the transducer is less than 1 mm thick overall, heat flow distortion is impossible. To ensure accuracy over the instrument's lifetime, a type E thermocouple is glued in the center of each transducer, and both are sealed. Because the thermocouples are all positioned within 0.1 mm of the sample surface, they provide precise measurements of the sample's surface temperature (with

a resolution of 0.1 °C) and heat flow (Qiu et al. 2018, Qiu et al. 2021).

The same thermocouples are also used to regulate plate temperature. The HFM-type Fox-50 thermal conductivity-measuring instrument has a repeatability value of ±0.5% and an accuracy of ±3% to 5%.

Determination of Mechanical Properties

Bending strength tests (MOR) were performed on samples prepared in appropriate dimensions by EN 310 (1999). The sample taking and cutting of the test pieces were adjusted according to EN 326-1 (1993) as follows; 50 mm wide and 20 times the nominal thickness of the test piece (± 50 mm) with a maximum of 1050 mm and a minimum of 150 mm. The load was applied at a constant speed throughout the test, and the speed of the loading head was adjusted to reach the maximum force per second. The value of the applied force is measured with 0.01 precision, and the “load-slope” diagram is drawn. The bending strength of each test piece is calculated by the ratio of the moment of maximum force “Fmax” to the cross-sectional area “M”.

Accordingly;

$$F = \frac{3 P_{max} L}{2 b h^2} \quad (3)$$

Where; F: Bending resistance value (N/mm²): Pmax: Maximum load at break (N): L: Support span (mm): b: Sample width (mm): h: Sample thickness (mm).

The modulus of elasticity in bending is applied according to EN 310 (1999). While bending resistance is performed with a measuring device on the same samples used in

bending resistance, the amount of bending is measured with 0.01 mm precision from the middle of the test piece. Accordingly, the modulus of elasticity in bending (E);

$$E = \frac{P L^3}{4 b h^3 f} \quad (4)$$

Where: E: Elasticity modulus in bending (N/mm²): P: Load applied under elasticity limit (N): L: Distance between support points (mm), b: Sample width (mm), h: Sample thickness (mm), f: Deformation in the sample against the P load (mm).

In this study, 3 samples were produced from each sample. The average values of the produced samples are given in the results section.

RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the thermal conductivity values of the wood-reinforced gypsum boards were first examined. The thermal conductivity coefficient and density values of the gypsum particle boards are given in Figures 4 and 5, respectively.

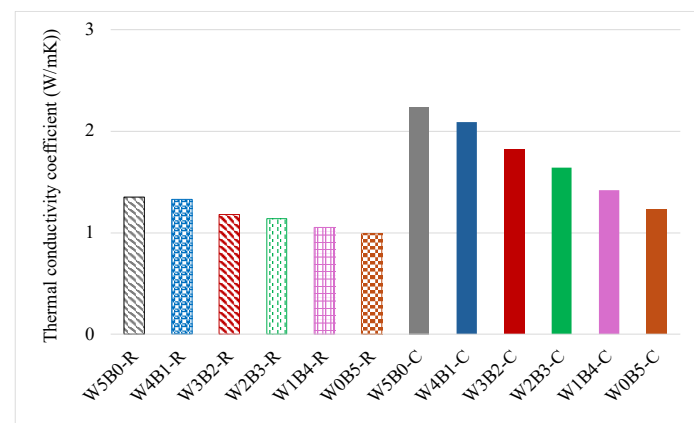


Figure 4. Thermal conductivity values of the wood-reinforced gypsum boards

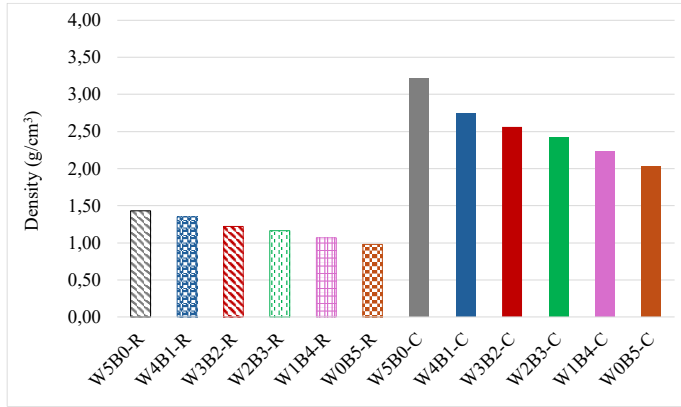


Figure 5. Density values of the wood-reinforced gypsum boards

The given thermal conductivity values cover reference and FRP-applied samples determined according to different wood (W) and bark (B) ratios. In general, it is observed that in both reference and FRP-applied samples, thermal conductivity values are higher when the wood ratio is high, and that thermal conductivity values decrease as the bark ratio increases. This shows that wood is a better heat conductor, and the bark increases insulation performance by reducing thermal conductivity. When the reference samples are examined, the sample with the lowest thermal conductivity coefficient is W0B5-R with a thermal conductivity value of 0.99 W/mK.

The sample with the highest thermal conductivity value is W5B0-R with a thermal conductivity value of 1.35 W/mK. When the thermal conductivity values of wood-reinforced gypsum boards reinforced with fiber reinforced polymers are examined, the sample with the lowest thermal conductivity coefficient is W0B5-C, with a thermal conductivity value of 2.23 W/mK. The sample with the highest thermal conductivity value is W5B0-C, with a thermal conductivity value of 3.24 W/mK.

According to the results of one-way variance analysis (One-Way ANOVA) performed on thermal conductivity values, it was determined that there was a statistically highly significant difference between different sample groups ($F = 5220.98$, $p < 0.001$). The p-value obtained is well below the 0.05% significance level and shows that the thermal conductivity values between the samples differ significantly from each other. It was observed that the thermal conductivity values, especially in fiber-reinforced (FRP) samples, increased significantly compared to the reference samples. In addition, it was determined that the thermal conductivity increased as the wood ratio increased in the sample composition, and this value decreased as the bark ratio increased. This result supports the direct relationship between the density and microstructural properties of the material and thermal conductivity; It reveals that heat conduction increases due to the easier movement of energy carriers (electrons or phonons) in high-density and more compact composites.

Bisby (2015) examines the use of FRP composites in the construction sector in his study. FRP materials have advantages such as lightness, high strength and corrosion resistance. However, their thermal conductivity varies depending on the reinforcement material and matrix resin used. For example, the thermal conductivity values of glass fiber reinforced FRP panels can vary between 0.158 W/mK and 3.51 W/mK. This wide range indicates that the insulation performance of FRP panels can vary significantly depending on their design. Lukomski and Zajac (2017) This study investigate the thermophysical properties of OSB (Oriented Strand Board) boards, especially depending on the moisture content. Thermal

conductivity, thermal diffusion and specific heat capacity of OSB boards with moisture content ranging from 0% to 10% were measured. The results show that thermal conductivity increases with increasing moisture content. This indicates that the insulation performance of OSB boards may vary depending on the moisture content.

When the density values are examined, it is seen that the density increases as the wood ratio increases in both reference and FRP-applied samples, and the density decreases as the bark ratio increases. The highest density in the reference samples was determined as W5B0-R (1.43 g/cm^3), and the lowest density was determined as W0B5-R (0.98 g/cm^3). The density values in FRP-applied samples are generally quite high compared to the reference samples. The highest density was measured as W5B0-C (3.21 g/cm^3), and the lowest density was measured as W0B5-C (2.03 g/cm^3). The reinforcement process significantly increased the density of the materials. When the data are examined, it is observed that the thermal conductivity values increase as the density increases in both reference and FRP-applied plates. This relationship is related to the microstructural properties of the material. A denser structure allows the energy carriers that carry heat (electrons or phonons) to move with less resistance, which increases thermal conductivity. In a study conducted by Kaya et al. (2021), the thermal conductivity of boards produced with a mixture of red pine wood and gypsum varied between $0.5021\text{--}0.7404 \text{ W/mK}$. In this study, it was observed that density and thermal conductivity increased with the increase in the wood ratio, while these values decreased with the increase in the bark ratio. These findings show that wood is a better heat conductor and that the bark

increases its insulation performance. In a study conducted by Tsalagkas et al. (2019), the effects of applying glass fiber and paper layers to the surface of bark-based panels on thermal conductivity, physical and mechanical properties were investigated. In the study, it was stated that glass fiber reinforcement increased thermal conductivity but decreased insulation performance.

This shows that FRP application increased thermal conductivity by increasing density. In a study conducted by Pásztor et al. (2019), the thermal conductivity values of insulation panels produced from the bark of different tree species were reported as 0.0645 W/mK . These values show that bark-based panels have high insulation potential. After determining the thermal conductivity and density values, the mechanical properties of the board were determined. The bending strength and elasticity modulus values of the board are given in Figures 6 and 7, respectively.

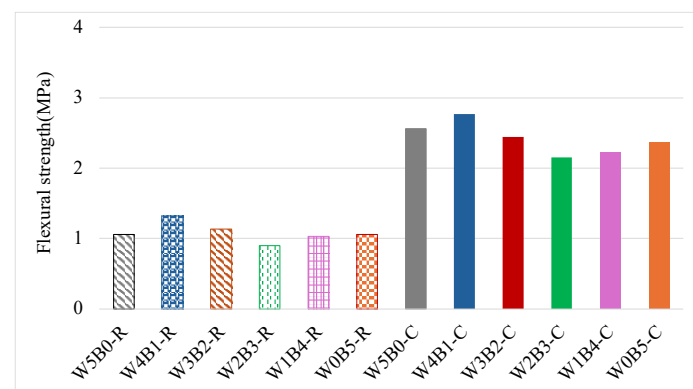


Figure 6. Bending strength values of the wood-reinforced gypsum boards

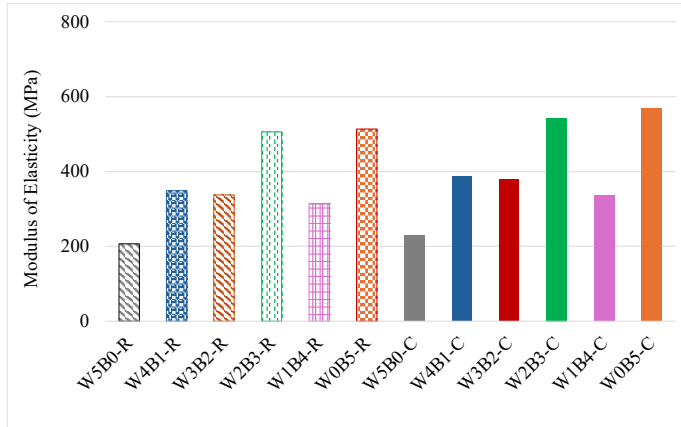


Figure 7. Modulus of elasticity values of the wood-reinforced gypsum boards

The highest bending strength value of the wood-reinforced gypsum boards without FRP application was obtained with W4B1-R (1.32 MPa). Among the other samples without FRP applications, the flexural strength values ranged between 1.06 and 0.9 MPa. Especially, the W2B3-R (0.9 MPa) value shows lower flexural strength compared to the other samples. This shows that the flexural strength decreases with the increase in the bark ratio. The highest flexural strength value of the wood-reinforced gypsum boards with FRP application was obtained with W4B1-C (2.77 MPa). The flexural strength values in FRP-applied samples ranged between 2.37 and 2.15. The flexural strengths of FRP-applied samples are generally much higher than the boards without FRP application. This increase shows that the mechanical strength of the material increased significantly thanks to the reinforcement process. The highest elasticity modulus value was obtained with W0B5-R (513.84 MPa). The lowest modulus of elasticity value was observed with W5B0-R (206.72 MPa). Modulus of elasticity is the resistance of the material against deformation and this value indicates the hardness of the material. The modulus of elasticity values in FRP-applied samples was measured

as the highest with W0B5-C (568.53 MPa) and the lowest with W5B0-C (228.93 MPa). The modulus of elasticity of FRP-applied samples is generally higher than the reference samples, and especially the modulus of elasticity of the W0B5-C sample shows a very high value. This indicates the hardening and increased rigidity resulting from the reinforcement process.

It is observed that FRP-applied samples present much higher values in terms of both bending strength and modulus of elasticity. This indicates that the FRP application process increases the durability and rigidity of the material. As a result of the one-way variance analysis (One-Way ANOVA) performed on the obtained flexural strength data, it was determined that there was a statistically significant difference between the different sample groups ($F=5.20$, $p=0.0003$). The p-value obtained was well below the 0.05 significance level, indicating that there was a significant difference in flexural strength between the samples.

This result revealed that both the reinforcement application and the wood and bark ratios used in the sample composition had a significant effect on flexural strength. According to the results of one-way analysis of variance (One-Way ANOVA) performed on the modulus elasticity (elasticity modulus) values, it was determined that there was a statistically significant difference between different sample groups ($p < 0.001$). This result shows that the reinforcement method (FRP application) applied to the samples and different wood-bark ratios have a significant effect on the elasticity modulus. It was determined that the elasticity modulus values, especially

in the samples with FRP reinforcement, increased significantly compared to the reference samples.

CONCLUSIONS

In this study, mechanical and thermal properties such as thermal conductivity, density, bending strength, and modulus of elasticity of wood-reinforced gypsum boards with fiber-reinforced polymer and different wood and bark ratios were investigated.

- The ratios of wood and bark significantly affected the thermal conductivity, density, flexural strength, and modulus of elasticity of the boards.
- Thermal conductivity increased with higher wood content and decreased as the bark ratio increased. The lowest value was recorded in W0B5-R (0.99 W/mK) and the highest in W5B0-UR (2.24 W/mK).
- Density increased with wood content and decreased with bark content. The highest density was found in W5B0-C (3.21 g/cm³) and the lowest in W0B5-R (0.98 g/cm³).
- Flexural strength decreased with increasing bark content. Among reference samples, the highest value was W4B1-R (1.32 MPa), while in FRP-reinforced samples, it reached W4B1-(2.77 MPa).
- The modulus of elasticity increased with bark content in reference samples. The highest modulus was obtained in W0B5-R (513.84 MPa) and the lowest in W5B0-R (206.72 MPa). FRP application further improved the modulus, with the highest value in W0B5-C (568.53 MPa).

- FRP reinforcement improved the mechanical properties and increased the thermal conductivity of the wood-reinforced gypsum boards.

REFERENCES

- Ahmed A, Ugai K (2011) Environmental effects on durability of soil stabilized with recycled gypsum. *Cold Reg. Sci. Technol.* 66 (2-3): 84-92. DOI: 10.1016/j.coldregions.2010.12.004
- Akgül T, Apay A, Sarıbiyık M (2009) Investigation of the use of carbon fiber reinforced polymer sheets in the joints of wooden structures. In: 5th international advanced technologies symposium (IATS'09), Karabük, Turkey. pp 13–15.
- Akyürek S (2019) Investigation of the effect of heat treatment on the cell wall components and solubilities of larch (*Pinus nigra* J. F. var. *seneriana*) wood. Master's Thesis, Kutahya Dumlupınar University Institute of Science and Technology, Kütahya.
- Al-Hokabi A, Hasan M, Amran M, Fediuk R, Vatin NI, Klyuev S (2021) Improving the early properties of treated soft kaolin clay with palm oil fuel ash and gypsum. *Sustainability*, 13 (19): 10910. <https://doi.org/10.3390/su131910910>
- Ameta NK, Purohit D, Wayal A, Sandeep D (2007) Economics of stabilizing bentonite soil with lime-gypsum. *Electron. J. Geotech. Eng.* 12 (1): 1-8.
- Ango TG, Börjeson L, Senbeta F, Hylander K (2014) Balancing ecosystem services and disservices: smallholder farmers' use and management of forest and trees in an agricultural landscape in Southwestern Ethiopia. *Ecology and Society*, 19(1):30. <https://doi.org/10.5751/ES-06279-190130>
- Ango TG, Hylander K, Börjeson L (2020) Processes of forest cover change since 1958 in the coffee-producing areas of Southwest Ethiopia. *Land*, 9(8): 278. <https://doi.org/10.3390/land9080278>
- As N, Goker Y, Dundar T (2006) Effect of knots on the physical and mechanical properties of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Wood Research*, 51(3):51–58.
- ASTM C518-21 (2021) American Society for Testing and Materials: Standard test method for steady-state thermal transmission properties by means of the heat flow meter apparatus. ASTM International.
- Balée W, de Oliveira VH, dos Santos R (2020) Ancient transformation, current conservation: traditional forest management on the Iri River, Brazilian Amazonia. *Human Ecology*, 48:1-15. <https://doi.org/10.1007/s10745-020-00139-3>
- Battistoni A (2017) Bringing in the work of nature: from natural capital to hybrid labor. *Political Theory*, 45(1): 5-31. <https://doi.org/10.1177/0090591716638389>
- Bisby LA (2015) Fire behaviour of fibre-reinforced polymer (FRP) composite materials and their composites in buildings. *Polymers*, 7(11): 2400–2433. <https://doi.org/10.3390/polym7111513>
- Boonstra MJ, Tjeerdsma B (2006) Chemical analysis of heat treated softwoods. *Holz Als Roh-und Werkst*, 64(3):204–211. <https://doi.org/10.1007/s00107-005-0078-4>
- Brookfield HC (2001) Intensification, and alternative approaches to agricultural change. *Asia Pacific Viewpoint*, 42(2-3):181–192. <https://doi.org/10.1111/1467-8373.00143>
- Brookfield HC (2007) Working with and for Plants: Indigenous Fallow Management in Perspective. In Cairns, M. (ed.), *Voices from the Forest: Integrating Indigenous Knowledge into Sustainable Upland Farming*. Washington, DC: Resources for the Future.

- Bui DK, Nguyen TN, Ngo TD (2019) An artificial neural network (ANN) expert system enhanced with the electromagnetism-based firefly algorithm (EFA) for predicting the energy consumption in buildings. *Energy*, 116:370. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116370>.
- Campbell AH, Harder T, Nielsen S, Kjelleberg S, Steinberg, PD (2011) Climate change and disease: bleaching of a chemically defended seaweed. *Glob. Chang. Biol*, 17: 2958–2970. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02456.x>
- Candelier K, Thevenon MF, Petrissans A, Dumarcay S, Gerardin P (2016) Control of wood thermal treatment and its effects on decay resistance: a review. *Ann for Sci*, 73:571–583. <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0541-x>
- Cavus V, Sahin S, Esteves B, Ayata U (2019) Determination of thermal conductivity properties in some wood species obtained from Turkey. *BioResources*, 14(3):6709–6715. <https://doi.org/10.15376/biores.14.3.6709-6715>
- Chen H, Ginzburg VV, Yang J, Yang Y, Liu W, Huang Y (2016) Thermal conductivity of polymer-based composites: fundamentals and applications. *Prog Polym Sci*, 59:41–85 <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2016.03.001>
- Chou JS, Tran DS (2018) Forecasting energy consumption time series using machine learning techniques based on usage patterns of residential householders. *Energy*, 165:709–26. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.09.144>
- Chu D, Mu J, Avramidis S, Rahimi S, Lai Z, Ayanleye S (2020) Effect of heat treatment on bonding performance of poplar via an insight into dynamic wettability and surface strength transition from outer to inner layers. *Holzforschung*, 74(8):777–787. <https://doi.org/10.1515/hf-2019-0145>
- Davraz M, Kılınçarslan S, Koru M (2024) Investigation of the effects of density on physical, mechanical and thermal properties of foam concrete. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 12(3):585–594. <https://doi.org/10.21923/jesd.1178373>
- Deb C, Zhang F, Yang J, Lee SE, Shah KW (2017) A review on time series forecasting techniques for building energy consumption. *Renew Sustain Energy Rev*, 74: 902–924. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.085>
- Dubrovina TA, Losev AA, Karpukhin MM, Vorobeichik EL, Dovletyarova EA, Brykov VA (2021) Gypsum soil amendment in metal-polluted soils dan added environmental hazard. *Chemosphere*, 281:130889. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130889>
- Dutta S, Sahana M, Guchhait SK (2017) Assessing anthropogenic disturbance on forest health based on fragment grading in Durgapur Forest Range, West Bengal, India. *Spat. Inf. Res.*, 25: 501–512. <https://doi.org/10.1007/s41324-017-0117-3>
- Dutta RK, Yadav JS (2022) The impact of variation of gypsum and water content on the engineering properties of expansive soil. *Transport. Infrastruct. Geotechnol.*, 9 (5):631-652. <https://doi.org/10.1007/s40515-021-00192-5>
- EN 310 (1999) Wood-based panels: Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. European Committee for Standardization (CEN).
- EN 326-1 (1993) Wood-based panels: Sampling, cutting and inspection-Part 1: Sampling and cutting of test pieces and expression of test results. European Committee for Standardization (CEN).
- Hastuty IP (2019) Comparison of the use of cement, gypsum, and limestone on the improvement of clay through unconfined compression test. *J. Civil Eng. Forum*, 5:131-138. <https://doi.org/10.22146/jcef.43792>
- Hidayat W, Aprilliana N, Asmara S, Bakri S, Hidayati S, Banuwa IS (2022) Performance of eco-friendly particleboard from agro-industrial residues bonded with formaldehyde-free natural rubber latex adhesive for interior applications. *Polym Compos*, 43(4):22-33. <https://doi.org/10.1002/pc.26535>
- Huang X, Iizuka T, Jiang P, Ohki Y, Tanaka T (2012) Role of interface on the thermal conductivity of highly filled dielectric epoxy/AlN composites. *J Phys Chem C*, 116(25):13629–13639. <https://doi.org/10.1021/jp3026545>
- Ismail A, Hilo WJ (2008) Deformation of gypsum sand during cyclic soaking and drying. *J. Appl. Sci.*, 8 (24): 4610-4616.
- ISO 8301 (1991) International Organization for Standardization: Thermal insulation Determination of steady-state thermal resistance and related properties-Heat flow meter apparatus.
- Jafarian A, Chamani L, Memari A, Moradian M, Gholamnia A (2016) Evaluation of land degradation and environmental status in Haloxylon persicum planted area in Bardaskan region, Iran. *Arab. J. Geosci.*, 9:1–14.
- Jain RK, Smith KM, Culligan PJ, Taylor JE (2014) Forecasting energy consumption of multi-family residential buildings using support vector regression: investigating the impact of temporal and spatial monitoring granularity on performance accuracy. *Appl Energy*, 123:168–78. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.02.057>
- Jaksa MB (2010) Treatment of Expansive Soil Using Gypsum Solution. In: Pro-ceedings from the 3rd International Conference on Problematic Soils, Adelaide, South Australia, pp. 197-206.
- Jasmee S, Omar G, Othaman SSC, Masripan NA, Hamid H (2021) Interface thermal resistance and thermal conductivity of polymer composites at different types, shapes, and sizes of fillers: a review. *Polym Compos.*, 42(6):2629-52. <https://doi.org/10.1002/pc.26029>
- Kardas T (2014) Examining the geothermal resources of Kütahya-Simav region in terms of impregnation materials and investigating the effects of these resources on some properties of wood. Master's Thesis, Suleyman Demirel University Institute of Science and Technology, Isparta.
- Kaya AI, Yalcin OU, Turker Y (2021) Physical, mechanical and thermal properties of red pine wood-gypsum particleboard. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 5(2): 139-145. <https://doi.org/10.30516/bilgesci.956352>
- Khan Z, Yousif BF (2017) Islam M, Fracture behaviour of bamboo fiber reinforced epoxy composites. *Compos. Part B Eng.*, 116:186–199. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.02.015>
- Kılınçarslan S, Simsek Türker Y, Ince M (2020) Prediction using different classification methods of tree species depending on contact angle values. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 22(3):861–870. <https://doi.org/10.24011/barofd.697098>
- Kılınçarslan S, Turker YS (2020) The effect of heat treatment application on wettability properties of wood materials. *J Eng Sci Des*, 8(2):460–466. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.791589>
- Kurtoglu A, Sofuoğlu SD (2013) Wooden materials used in furniture and woodworking 1: selection and processing of wood materials, their use in the production of furniture and building elements, wood-based materials used in furniture production. *Furnit Décor*, 22(118):62–78.
- Lukowski M, Zajac B (2017) Thermophysical properties of OSB boards versus equilibrium moisture content. *Construction and Building Materials*, 139:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.071>
- Neto AH, Fiorelli FAS (2008) Comparison between detailed model simulation and artificial neural network for forecasting building energy consumption. *Energy Build*, 40: 2169–76. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.06.013>
- Ocampo Batlle EA, Escobar Palacio JC, Silva Lora EE, Martínez Reyes AM, Melian Moreno M, Morejón MB (2019) A methodology to estimate baseline energy use and quantify savings in electrical energy consumption in higher education institution buildings: case study, Federal University of Itajubá (UNIFEI). *J Clean Prod*, 244 (20). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118551>.

- Odegard IYR, Van der Voet E (2014) The future of food—scenarios and the effect on natural resource use in agriculture in 2050. *Ecol. Econ.*, 97:51–59. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.10.005>
- Oluwalowo A, Nguyen N, Zhang S, Gyu J (2019) Electrical and thermal conductivity improvement of carbon nanotube and silver composites. *Carbon*, 146: 224–31. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.01.073>
- Pásztor Z, Tsalagkas D, Horváth N, Böröcsök Z (2019) Insulation panels made from thermally modified bark. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 15(1):47–55. <https://doi.org/10.2478/aslh-2019-0005>
- Pedzik M, Janiszewska D, Rogozinski T (2021) Alternative lignocellulosic raw materials in particleboard production: a review. *Ind Crop Prod*, 174:114162. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114162>
- Qiu L, Ouyang Y, Feng Y, Zhang X (2018) Thermal conductivity measurement of individual porous polyimide fibers using a modified wire-shape 3w method. *Review of Scientific Instruments*, 89(9): 096112. <https://doi.org/10.1063/1.5052692>
- Qiu L, Zhang X, Gu Z, Li Q (2021) Interfacial heat transport in nano-carbon assemblies. *Carbon*, 178:391–412. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2021.02.105>
- Slätmo E, Nilsson K, Turunen E (2019) Implementing green in frastructure in spatial planning in Europe. *Land*, 8:62. <https://doi.org/10.3390/land8040062>
- Sugiman S, Martino A, Setyawan PD, Anshari B (2020) Tensile, flexural and water absorption properties of bamboo fiber/unsaturated polyester composites: effect of calcium carbonate content. *Key Eng. Mater.* 867:68–74. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.867.68>
- Tsalagkas D, Böröcsök Z, Pásztor Z (2019) Thermal, physical and mechanical properties of surface overlaid bark-based insulation panels. *European Journal of Wood and Wood Products*, 77:721–730. <https://doi.org/10.1007/s00107-019-01436-5>
- TS EN 322 (1996) Turkish Standards Institute: Wood-based panels Determination of moisture content.
- TS EN 13279-1 (2009) Turkish Standards Institution: Gypsum-based binders - Part 1: Definitions and specifications.
- TS EN 634-2 (2009) Turkish Standards Institute: Cement-bonded particle boards-Specifications. Part 2: Requirements for OPC bonded particleboards for use in dry, humid and external conditions.
- Vinod A, Vijay R, Singaravelu DL (2018) Thermo mechanical characterization of calotropis gigantea stem powder-filled jute fiber-reinforced epoxy composites. *J. Nat. Fibers*, 15:648–657. <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1354740>
- Xiao J, Li Y, Xie L, Liu D, Huang J (2019) A hybrid model based on selective ensemble for energy consumption forecasting in China. *Energy*, 159:534–546. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.161>
- Yalcin OU, Kaya AI (2022) Properties of gypsum particleboard with added mineral dolomite. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 24. <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2022000100428>
- Yang J, Qi GQ, Liu Y, Bao RY, Liu ZY, Yang W (2016) Hybrid graphene aerogels/phase change material composites: thermal conductivity, shape-stabilization and light-to-thermal energy storage. *Carbon*, 100:693–702. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2016.01.063>
- Yang T, Jiang Z, Han H, Cai X, Liu Y, Zhang X (2021) Welding dopamine modified graphene nanosheets onto graphene foam for high thermal conductive composites. *Compos Pt B-Eng*, 205:108509. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108509>
- Zhou Y, Liu F, Wang H (2017) Novel organic-inorganic composites with high thermal conductivity for electronic packaging applications: a key issue review. *Polym Compos*, 38(4):803–813. <https://doi.org/10.1002/pc.23641>

Kampüs Ana Arterlerini Yaya Dostu ve Erişilebilir Olarak İyileştirme

Improving Campus Main Arteries as Pedestrian-Friendly and Accessible

Müge YURTCAN^{*1}, Ebru DURUK², Arif TOSLAK³

¹Bingöl Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü Peyzaj ve Süs Bitkileri Programı, Bingöl

¹ Bingöl Üniversitesi, Enerji, Çevre ve Doğal Afet Araştırmaları Merkezi, Bingöl

²Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bingöl

³Bingöl Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bahçe Tarımı Programı, Bingöl

Eser bilgisi/Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1696618

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Müge YURTCAN

e-mail: mpektas@bingol.edu.tr

Geliş tarihi / Received

10.05.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

02.07.2025

Kabul tarihi / Accepted

03.07.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Yerleşkelerde yaya önceliği

Erişilebilirlik

Trafik sakinleştirme

Taktiksel kentleşme

Keywords:

Pedestrian priority on the campus

Accessibility

Traffic calming

Tactical urbanism

Özet

Üniversite yerleşkeleri farklı sosyal, kültürel ve fiziksel özelliklere sahip kullanıcıları barındıran açık alanlara sahiptir. Yerleşkeyi kullanan her birey çeşitli nedenlerden farklı ulaşım tercihlerine sahip olabilirler. Yerleşke içi yollar planlanırken, yaya önceliği ve erişilebilirlik kavramları büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda ülkemizde yaya önceliği ve erişilebilirlik konularının önemi artmış, bu konuda atılan adımlar artırılmıştır. Bu araştırmada, 2020 yılından itibaren Bingöl Üniversitesi yerleşkesi içerisinde bir ana arter görevi gören yeni yolun yaya kullanımı ve erişilebilirlik açılarından iyileştirilebilmesi amaçlanmıştır. Araştırma öncesinde bu ana arterin erişilebilirlik ve yaya kullanımı konusundaki noksanlıkları saptanarak fotoğraflanmıştır. Fiziksel olarak saptanan noksanlıkların kullanıcı açısından değerlendirilmesi için 28 akademik/idari personel ve 350 öğrenci olmak üzere toplanan 378 kişi ile "Bingöl Üniversitesi Kampüsü Yeni Nizamiye Yolunun, Yaya ve Engelli Ulaşımı Açısından Değerlendirmesi Anketi" yürütülmüştür. Anket bulgularını güçlendirmek için yaya ve taşıt hareketleri gözlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda alanın yaya önceliği ve erişilebilirlik açılarından yetersiz bulunduğu görülmüştür. Anket çalışması, alanında yayalar için erişilebilir donatıların yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Yaya konforu ve güvenliği alt boyutu; yaya geçitlerinin uygunluğu, erişilebilir donatı yeterliliği ve sürücü davranışları alt boyutlarıyla ayrı ayrı yüksek düzeyde pozitif ilişki içinde çıkmıştır. Gözlemler sonucunda; taşıtların yayaları göz ardı ettikleri durumları ve yayaların en kısa ve konforlu yürüyüş tercihlerini ortaya koymaktadır. Sonuçta, bulgulara dayandırılan ve taktiksel kentleşme yöntemlerinin kullanıldığı bir iyileştirme projesi önerilmiştir.

Abstract

University campuses have open spaces that accommodate users with different social, cultural and physical characteristics. Each individual using the campus may have different transport preferences for various reasons. The concepts of pedestrian priority and accessibility are of great importance when planning roads within the campus. In recent years, the importance of pedestrian priority and accessibility issues has increased in our country and the steps taken on these issues have been increased. In this research, it is aimed to improve the new road, which has served as a main artery within Bingöl University campus since 2020, in terms of pedestrian use and accessibility. Prior to the research, the deficiencies of this main artery in terms of accessibility and pedestrian use were identified and photographed. In order to evaluate the physically determined deficiencies in terms of users, a total of 378 people, including 28 academic/administrative staff and 350 students, were surveyed on the 'Evaluation of the Yeni Nizamiye Yolu of Bingöl University Campus in terms of Pedestrian and Handicapped Accessibility'. Pedestrian and vehicle movements were observed to strengthen the survey findings. As a result of the studies, the area was found to be inadequate in terms of pedestrian priority and accessibility. The survey revealed that there are insufficient accessible facilities for pedestrians in the area. The sub-dimension of pedestrian comfort and safety has a high positive correlation with the sub-dimensions of the suitability of pedestrian crossings, adequacy of accessible facilities and driver behaviour. The observations reveal the situations where vehicles ignore pedestrians and pedestrians' preference for the shortest and most comfortable walk. Finally, an optimisation project was proposed based on the findings and the method of tactical urbanism.

GİRİŞ

“Kampüs” kelimesi, TDK tarafından “Yerleşke” olarak karşılık bulmaktadır (TDK 2022). Kampüsler, esas işlev bakımından eğitim, öğretim ve araştırma yapılan yerler olmanın yanı sıra kullanıcı için spor, sağlık, alışveriş, barınma ve eğlence gibi imkanlar sunarlar (Türeyen 2002). Öğrencilerin toplumsal ve bireysel gelişimleri, eğitim süreci boyunca hem katılabildikleri hem de düzenleyebildikleri sosyal etkinlikler ile kampüs içerisinde bulunan sosyal ve kültürel tesislere bağlıdır. Öğrenciler bu aşamada, toplumsal yaşama dahil olarak çevreleriyle iletişim kurma ve sosyal sorumluluklar alma becerisi kazanırlar (Erçevik ve Önal 2011).

Kampüs içinde bulunan eğitim/öğretim birimleri ve sosyal tesislerin tamamı, kampüs içi yollar ile birbirine bağlanmalıdır. Kurulan sirkülasyonların tamamının sürdürülebilir ulaşım biçimlerini desteklemesi önem taşımaktadır. Kampüs sürdürülebilirliği konusunda Dünya'nın ilk sürdürülebilir kampüs derecelendirme kuruluşu olan UI GreenMetric'in (2025) kıstasları arasında yeşil ulaşım dikkate alınmaktadır. Yetimoğlu ve Yardım (2018), 2015 yılında Yükseköğretim Kurulu'nun üniversite rektörlüklerine verdiği, üniversite kampüslerindeki yolların “yaya öncelikli yol” hale getirilmesi talimatını aktararak kampüslerin sunduğu imkanlar arasında sürdürülebilir ulaşımın yer alması gerekliliğine vurgu yapmaktadır.

Yürümek, en sürdürülebilir ulaşım biçimi olmanın (Litman 2015) yanı sıra zihinsel ve fiziksel sağlığı arttırarak daha aktif bir yaşama katkı sağlamaktadır. Otomobil kullanımının azaltıldığı yaya odaklı düzenlemeler, hava ve gürültü kirliliğini; ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarını azaltmaya yardımcı olur. Sosyal etkileşimi, aidiyet duygusunu ve mekânı kullananlar arasındaki ilişkiyi güçlendirerek yalnızlık hissini azaltır (Living Streets 2017). Kampüsler, barındırdığı insan topluluğunun ihtiyaçları ve özelliği açısından yüksek yaya yoğunluklu alanlardır. Kullanıcıları taşıt trafiğinin baskısından korumak ve yeşil altyapıyı oluşturmak için uygulanan trafik sakinleştirme yöntemleri, kampüslerin sağladığı bir imkân niteliğindedir (Yetimoğlu ve Yardım 2018). Trafiğin sakinleştirildiği yollarda araç erişimi devam ederken, erişim şekli

değiştirilir. Taşıtlar, cadde üzerinde daha az hakimiyete sahiptir. Bu nedenle motorlu taşıtların hızlarını yavaşlatmak için çeşitli önlemler alınır (Iranmanesh 2008). Taşıt trafiğinin zararlı etkilerini azaltmaya yönelik trafik sakinleştirme yöntemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kaygısız 2012):

- *Hız kesici tümsekler:* Yol platformu boyunca enine uzanan tümseklerdir.
- *Hız kesici platformlar:* Kasislerin daha uzun ve orta bölümünün düz bir platformdan oluşmuş halidir.
- *Yükseltilmiş yaya geçitleri:* Ortası yaya geçidi olan hız kesici platformdur.
- *Yükseltilmiş kavşaklar:* Girişleri rampalarla yükseltilmiş ve genelde (parke taş, arnavut kaldırımı gibi...) farklı bir malzeme kullanılarak görünürlüğü arttırılmış kavşaklardır.
- *Yol zemininde pürüzlü malzeme kullanma:* Genelde Arnavut kaldırımı veya parke taş kullanılarak yol yüzeyinin daha pürüzlü hale getirildiği kesimlerdir.
- *Dairesel trafik adaları:* Kavşak ortasında bulunan ve etrafından trafiğin dolandığı adalardır.
- *Dönel kavşaklar:* Trafiğin, büyük merkez adanın etrafından dolaşarak aktığı kavşak türüdür.
- *Yön saptırıcılar:* Normalde düz gidecek olan bir yolun, “S” eğriler kullanarak düz gitmesinin engellenmesi ve böylece trafik hızının düşürülmesidir.
- *Yolu kenardan daraltma:* Yol kenarındaki kaldırımların veya yeşil alanların genişletilerek yolun belli bir kesitinde yapılan daralmadır.
- *Yolu orta ada koyarak daraltma:* Yolun orta bölümüne yola paralel ada konmasıyla yolun daraltılmasıdır.
- *Sabit kameralarla hız denetimi yapılmasıdır.*

Son on yıl içinde ülkemizde önemi artan “trafikte yaya önceliği” ve “erişilebilirlik” konuları, ilgili uygulamaları beraberinde getirmiştir. Ekim 2018 tarihinde 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu'nun 74'üncü maddesinde yapılan değişiklikle yaya geçitlerindeki yaya geçişine öncelik verilmiş ve 2019 yılında yaya önceliği yılı olarak ilan edilmiştir (Anadolu Ajansı 2019). Engelliler ve yaşlı bireyler başta olmak üzere hareket kısıtlılığı tüm bireylerin toplumsal alanları herkesle eşit ve etkin bir şekilde kullanabilmesi ve erişilebilirlik kültürünün oluşabilmesi için 2020 yılı erişilebilirlik yılı ilan edilmiştir

(TCCB 2021). Herkesin her yere ve her nesneye erişmesinin temelini oluşturan evrensel tasarım, kullanıcıların sadece fiziksel engelleri ile ilgili değildir. “Herkes” kavramını içeren; yaşlı, genç, engelli, hasta, sakatlanmış, çocuk, çocuklu ve/ya hamile gibi geniş bir yelpazeden oluşan her yetenekten ve her beceriden kullanıcıyı ifade etmektedir. Bu bakış açısı üzerinden “Evrensel tasarım” her yetenekten kullanıcılar için <ötekileştirmeden> her ölçekte tasarım çözümlerini içermektedir (Gören 2018). Mimarlık, kentsel tasarım, ürün tasarımı gibi çevre kontrolü sağlayan disiplinlere dair basit sistemlerden, karmaşık bilgi teknolojilerine kadar değişen ölçekleri kapsayan “Evrensel Tasarım” kavramı” (Dostoğlu ve ark. 2009) ve Connel ve ark. (1997) tarafından “ürünlerin ve mekânların, mümkün olduğunca özel tasarım ya da uyarlamaya olmaksızın herkes tarafından kullanılabilir olacak şekilde tasarlanması” olarak tanımlanmış, tasarımcıları ve kullanıcıları yönlendirmek için 7 temel prensip ortaya konmuştur:

1. *Eşit kullanım*: Çeşitli yeteneklerdeki kullanıcılara pazarlanabilme ve faydalı olma,
2. *Kullanımda esneklik*: Çok çeşitli skalada kişisel tercih ve yeteneklere uyum sağlama,
3. *Basit ve sezgisel kullanım*: Farklı bilgi, deneyim, dil becerisi veya mevcut konsantrasyon düzeyine sahip tüm kullanıcılar için kolay anlaşılabilir ve kullanılabilir olma,
4. *Algılanabilir bilgi*: Kullanıcının duyuusal yetenekleri ve mekânsal koşullardan bağımsız olarak, gerekli kullanım bilgisini kullanıcıya aktarma,
5. *Hata toleransı*: Yanlışlıkla yapılabilecek hareketlerin sonucunda ortaya çıkabilecek zararların en aza indirilmesi,
6. *Düşük fiziksel çaba*: Kullanımda yorgunluk düzeyinin en alt seviyeye indirilerek, konfor ve verimliliği sağlama,
7. *Yaklaşım ve kullanım için boyut ve alan*: Duruş, hareket kabiliyeti veya vücut ölçüsü bakımından çeşitlilik gösteren kullanıcılar için yaklaşma, erişme,

yönlendirme ve kullanım bakımından uygun boyutun ve alanın sağlanması.

Evrensel tasarım ile engelsiz tasarım arasında bazı farklılıklar söz konusudur. Engelsiz düzenlemeler, fiziksel ortamın yeniden düzenlenmesi ya da uyarlanmasıyla ilişkilendirilir. Evrensel tasarım, henüz kavramsallaştırma aşamasında fiziksel ortamın yeniden uyarlanması ve düzenlenmesi ihtiyacını ortadan kaldıran bir yaklaşımdır (Audirac 2008). Evrensel tasarım kavramı tüm insanlar için eşit haklar ve kavramları teşvik etmesine rağmen engellilik kavramının anlaşılmasını gerektirir (Lid 2014). Engelsiz tasarım ve erişilebilirlik sosyal, bireysel ve de mekânsal faktörler açısından iç içe geçmiş kavramlardır (Ståhl ve ark. 2010). Erişilebilirlik üzerinde etkili olan bireysel faktörler, yaşam süresi boyunca meydana gelen değişiklikleri (Burton ve Mitchell 2006); sosyal faktörler sağlık durumu, engellilik ve önyargıları; mekânsal faktörler ise güvenlik, yol bulma ve mimari açılardan önem taşıyan durumları içermektedir (Lid 2014).

Erişilebilirlik, dış mekânlardaki görsel kontrastlar, rampaların eğimi ve kapı açıklıklarının genişliği gibi teknik özelliklerin ayrıntılı ölçümünü içerir. Evrensel tasarımda, erişilebilirliğin farklı yetenekteki bireyler için eşit derecede sağlanması için bu ölçütlerin geniş bir insan perspektifi ile değerlendirilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla manuel sandalye kullanan, elektrikli sandalye kullanan, baston kullanan ve/ya koltuk değneği kullananların ihtiyaçları arasındaki farklılıkların bilinmesi önem taşımaktadır (Lid 2014). Özel bir kullanıcı kitlesi için yapılan tasarımlar, engelli kullanıcılarla diğer kullanıcıları ayırtıran bir yapı ortaya çıkarabilir. Yardımcı dokunsal tabelalar, merdiven yanındaki rampalar, alçaltılmış ve kolçaklı lavabolar gibi birçok yapı bunlara örnek teşkil etmektedir. Damgalayıcı ve maliyetli olan bu tip çözümler genellikle yasalar tarafından zorlanana kadar erişilebilirliğin düşünülmediğinin bir göstergesi kabul edilebilir. Evrensel tasarım her zaman erişilebilir olmakla birlikte damgalayıcı değildir (Story 1998).

Erişilebilirliğin zayıf olduğu ortamlar, toplumun her kesiminden insanı kucaklamadığı için özellikle engellilerin toplumla ilişki kurma, sosyal/siyasal/kültürel faaliyetlere katılma ve istihdam gibi yeteneklerini kısıtlamaktadır

(Gleeson 1999). Günümüzde engellilerin fiziki ve toplumsal yapılar tarafından izole edilmesi, insan hakkı ihlali olarak kabul görmektedir. Dolayısıyla mevcut çevrenin eşit yurttaşlık hakları bakımından tasarlanması erişilebilirliğe vurgu yapmaktadır (Hahn 1986, Evans 2009).

Evrensel tasarım kavramı mekânsal üretimin daha en başında düşünülmediği zaman, söz konusu mekânın erişilebilirlik problemlerinin olması kaçınılmaz görünmektedir. İnsan haklarındaki, kentsel tasarımdaki ve/ya teknolojiye ilerlemelerin de etkisiyle, bu sorunların giderilmesi için sürekli yapılan iyileştirme çalışmalarıyla birlikte doğan maliyetler ortaya çıkacaktır.

Kampüs içinde yapıları çevrenin erişilebilirliği, eğitim hakkının herkes için eşit olmasıyla paralellik göstermektedir. Bu nedenle kullanıcı çeşitliliği barındıran kampüslerin engelsiz olarak planlanması bir zorunluluk haline almıştır (Özkaraca ve İnceoğlu 2021). Dolayısıyla kampüs alanlarında yaya öncelikli ve erişilebilir mekânların tesis edilmesine yönelik düzenleme ve iyileştirmelerin, kampüsü kullanan tüm kullanıcılar arasındaki sosyal ilişkileri güçlendiren, daha eşitlikçi, daha sürdürülebilir ve daha güvenli bir ortam yaratacağı açıktır.

Kentsel alanlardaki mekânsal problemleri kısa sürede, ekonomik ve hızlı yöntemlerle çözmek için kullanılan taktiksel kentleşme kavramı (Silva 2016, Webb 2018); mekânların yaya öncelikli ve daha erişilebilir hale getirilmesi için kullanışlı bir araçtır (Yassin 2019, Mwaura ve Initiative 2024) (Şekil1)



Şekil 1. İspanya-Barselona'da taktiksel kentleşme uygulamaları (Lumi 2023)

Bu çalışmada, Bingöl Üniversitesi'nin 2020 yılında açılan nizamiye yolu ele alınmıştır. Yaklaşık 1300 m olan yol, Bingöl Üniversitesi'nin ana girişi ve ana arteri konumundadır. Araştırma alanının yaya ve engelli ulaşımı açısından taktiksel kentleşme yöntemlerinden faydalanarak iyileştirilmesine yönelik öneriler sunmak amaçlanmaktadır. Açıksöz ve ark. (2019)'na göre, peyzaj tasarım ve planlama çalışmalarında daha etkili öneriler sunmak için katılımcı yöntemler önem taşımaktadır. Bu çerçevede mevcut durumu, problemleri ve kullanıcı görüşünü anlamak için alanda anket ve gözlem çalışmaları yapılmıştır. Araştırmada anket yöntemiyle kullanıcı

düşüncelerini anlamak ve nicel yöntemlerle analiz etmek ve gözlem yöntemiyle de yaya ve/veya taşıtla seyahat eden kullanıcıların seyahat davranışlarını analiz etmek hedeflenmiştir. Bulgular sonucunda arter için taktiksel kentleşme yöntemleri kullanılarak bir iyileştirme önerisi projesi hazırlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu araştırmanın ana materyalini, araştırma alanı olarak seçilen Bingöl Üniversitesi'nin 2020 yılında açılan

nizamiye yolu oluşturmaktadır. Yolun uzunluğu yaklaşık 1300 m'dir. Bir ana arter görevi yüklenen yol, Bingöl-Elazığ karayolundan başlayarak; Meslek Yüksekokulları, Diş Hekimliği Fakültesi, İslamî İlimler Fakültesi, OGM Fidanlığı, KYK kız öğrenci yurdu ve Bingöl Üniversitesi Kampüsü arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Araştırma alanı

Yöntem

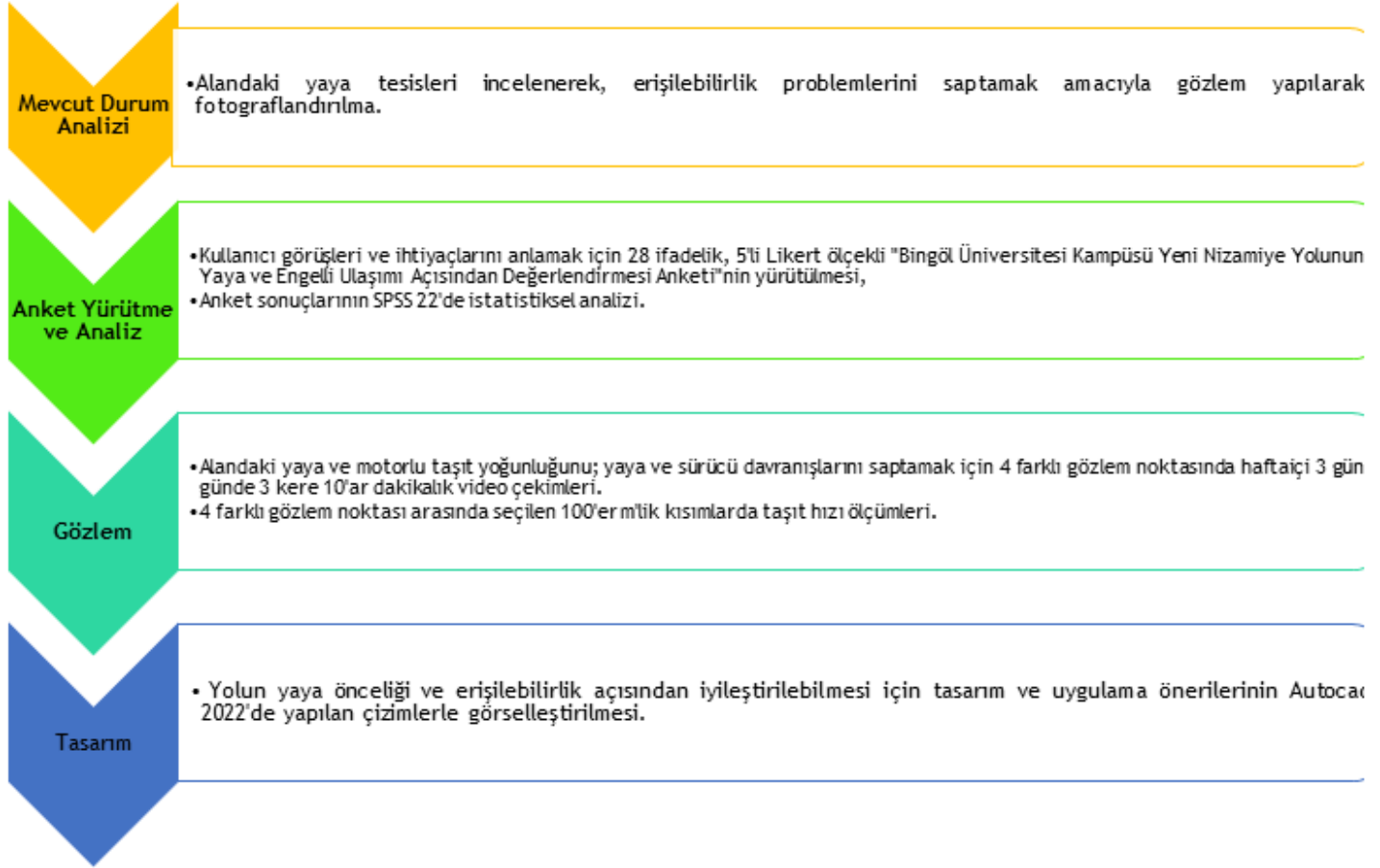
Araştırmanın konusu kapsamında; mevcut durum analizi, anket yürütülmesi, yaya ve taşıt gözlemi için fotoğraf ve video çekimi yöntemleri kullanılmıştır (Şekil 3). Araştırmada kullanılan anket formu için "Bingöl Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri, Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun" 04.04.2024 tarihli ve E.151578 sayılı kararıyla etik kurul onayı alınmıştır. Ayrıca gözlem çalışmaları için 30.05.2024 tarihli ve E.158780 sayılı evrak numarasıyla rektörlük izni ile yapılmıştır. Araştırma alanında yapılan mevcut durum analizi ile saptanan ön araştırma sonuçları ve 2020'de TC. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı tarafından yayımlanan Erişilebilirlik Kılavuzu anket sorularının şekillendirilmesine yardımcı olmuştur. Dolayısıyla anket soruları hazırlanırken; araştırma konusuna uygunluk ve katılımcıların bilgi verebileceği biçimde anlaşılabilirlik ilkeleri dikkate alınmıştır (Arıkan 2018). Anket çalışmasında

katılımcılara çalınma alanın; konfor ve güvenlik durumunu, sürücü davranışlarını, kullanılan donatıların niteliksel ve niceliksel yeterliliğini ve yaya geçitlerinin mevcut durumunu sorgulayan sorular yöneltilmiştir.

378 katılımcı ile yürütülen anket çalışması tamamlandıktan sonra aşağıdaki analizler yapılmıştır:

- Madde sadeleştirme ve geçerlilik ölçümü için *Açımlayıcı Faktör Analizi* (Hair ve ark. 2009, Brown 2015),
- Güvenilirlik ölçümü için *Cronbach Alpha* (Hair ve ark. 2009),
- Yanıtların yüzdelliklerini ortaya koymak için *Frekans Analizleri* (Gliner ve ark. 2015)

- Kavramlar arasındaki ilişkinin anlaşılması için *Lineer Dağılım Analizleri ve Korelasyon Analizleri* (Hair ve ark. 2009, Gliner ve ark. 2015)
- Bağımsız değişkenler arasındaki lineer farklılığın test edilmesi için *Anova ve Games Howell Testleri* (Field 2009) yapılmıştır.



Şekil 3. Yöntem iş akışı

Anketi takiben yapılan gözlemlerle, çalışma alanındaki kullanıcı davranışlarının tanımlanması hedeflenerek (Yıldırım ve Şimsek 2016);

- Video çekim yöntemiyle yaya ve taşıt hareketleri kaydedilerek, seyahat yönelimleri analiz edilmiştir (Saplioglu ve Faisal 2020)
- Her gözlem noktası arasında, birbirine 100 metre mesafede 2 farklı nokta seçilmiş, eş zamanlı kronometre açma/kapama yapılarak 100 m arasında taşıtların geçiş süresi belirlenmiştir. $YOL = HIZ \times ZAMAN$ formülüyle km/s cinsinden taşıt hızları hesaplanmıştır. Böylece taşıtların gözlem noktaları arasındaki bölgelere göre hız değişimleri ve arter

üzerindeki azami hız sınırı olan 30 km/s kuralına uyulup uyulmadığı ortaya konmuştur.

Gözlem çalışmasında kullanım yoğunluğu dikkate alınarak, gözlem zamanları hafta içi günlerde (Pazartesi, Çarşamba, Cuma) ve mesai saatleri (08.00-09.00, 12.00-13.00 ve 16.00-17.00) içerisinde yapılmıştır. Aynı saat aralığı içerisinde birden fazla noktada gözlem yapılacağından her bir gözlem süresi 10 dakika olarak belirlenmiştir (Kayadibi ve Aktuğlu Aktan 2020). Araştırmanın son etabında tüm bulgular derlenerek Bingöl Üniversitesi Yeni Nizamiye Yolu'nun daha erişilebilir ve yaya odaklı olarak hizmet verebilmesi için iyileştirmesine yönelik, Autocad programında yapısal peyzaj projesi hazırlanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Mevcut Durum Analizi Bulguları

Hali hazırdaki durumunun saptanması için çalışma alanında gözlem yapılmış ve fotoğraflarla belgelenmeye çalışılmıştır. Araştırmanın bu kısmı alanı tanımak ve tanıtmak hedefiyle yapılmıştır. Bu kısımdaki bulgular subjektif olsa da profesyonel saptamalara dayandırılmıştır. Bu saptamalar çalışmanın ilerleyen kısımlarında kullanılan yöntemleri (anket ve gözlem) ve objektif saptamaları şekillendirmiştir. Yapılan gözlemler sonucunda alanda;

1. Erişilebilirlik noksanları: Çalışma alanının tamamında hissedilebilir zemin bulunmamaktadır, karşı kaldırıma engelsiz geçişi sağlayan rampalar yolun tamamında bulunmamaktadır, alanda rampa olmayışından kaynaklı olarak kaldırımların devamlılığı sağlanamamıştır. Ayrıca meslek yüksekokullarına ulaşıldığında kaldırım daralarak devam etmektedir. Yolun gidiş/geliş yönlerini ayıran refüjün sürekliliği, erişilebilir yaya geçişini sağlayacak biçimde alanın hiçbir noktasında <yaya geçitlerinin olduğu noktalar da dahil> kesilmemiştir. Ayrıca yaya geçitlerinin olduğu noktalarda refüjde reklam panosu ve bitkisel unsurlar tespit edilmiştir (Şekil 4a, 4b, 4c).

2. Motorlu taşıt kullanımını destekleyen düzenlemeler: Çalışma alanının tamamının ortalama 3.50 m şerit genişlikli, çift yönlü ve çift şeritli yol biçiminde tasarlanması, rahat ve hızlı sürüşü teşvik eden özelliktedir. Yaya geçitleri silik olduğu için algılanması zordur, yaya geçitlerinin öncesinde uyarıcı tabela, tümsek gibi bir

unsur bulunmamaktadır. Araç hızını kesici tek unsur hız levhalarıdır (Şekil 4d).

3. Olumsuz sürücü davranışları: Özellikle meslek yüksekokulları bahçesinden İslami İlimler Fakültesi'nin önündeki kavşak arasında kalan bölgede ve aynı kavşakla İslami İlimler Fakültesi'nin otoparkına giden bölgede yanlış/ters şerit kullanımı saptanmıştır. Ayrıca yaya geçitlerde, sürücülerin yayalara yol vermediği ve hızlı gittiği gözlemlenmiştir (Şekil 4e).

4. Bakım ve onarım noksanlığı: Alandaki kaldırım döşemeleri arasında çıkan yabancı otların düzenli temizlenmediği ve karlı dönemlerde sadece araç yolunun karlardan temizlenerek karların yaya kaldırımına itildiği gözlemlenmiştir. Kilit parke taşı döşeli kaldırımlarda kırılan, çöken, yerinden çıkan döşeme elemanları tespit edilmiştir (Şekil 4f, 4g).

5. Yayaların kullanabileceği donatı noksanlıkları: Yol boyunca yayaların oturup dinleneceği tek birim İslami İlimler Fakültesi önündeki pergoladır. Bunun dışında herhangi bir oturma birimi ve üst örtü elemanı bulunmamaktadır. Ayrıca engelli arabası, e-bisiklet, e-scooter ve cep telefonu gibi araçları şarj edebilecek çağın teknolojik ihtiyaçlarına yönelik donatılara yer verilmemiştir. Alanda düzenli aralıklarla sadece çöp kutuları ve aydınlatma elemanları bulunmaktadır. Çalışma alanı üzerinde otobüs yolcusu olmasına rağmen, otobüslerin yolcu indirdiği noktalarda herhangi bir otobüs durağı ve ilgili donatı bulunmamaktadır (Şekil 4h, 4ı).



Şekil 4. Alandaki erişilebilirlik noksanlıklarını gösteren fotoğraf örnekleri: (a) Kaldırım başlangıç ve bitimindeki rampa noksanlığı, (b) Refüjde yaya geçiş boşluğu noksanlığı, (c) Merdivenler ile birlikte uygun rampa kullanılmaması, (d) Motorlu taşıt kullanımını teşvik eden çift şeritli ve çift yönlü yol, (e) Kaldırım kilit taşlarının arasındaki temizlenmesi gereken yabancı otlar, (f) Şeridi ters kullanan otomobil sürücüsü, (g) Donatı noksanlığından kaynaklanan kullanımlar, (h) Yapısal hasarlar, (i) Donatı noksanlığından kaynaklanan kaldırım kullanımları ve fotoğrafların çekildiği noktaları gösteren harita

Anket Bulguları

Bu kısımda, araştırma alanına dair kullanıcı görüşleri ve ihtiyaçlarını anlamak için anket çalışması yürütülmüştür. Araştırmanın evrenini, Bingöl Üniversitesi'nde görev yapan 1444 personel ve öğrenim gören 19283 öğrenci oluşturmaktadır (URL-1). Anket çalışması, %95 güven aralığında yaklaşık 0.05 hata payı hesaplanarak, Bingöl Üniversitesi'nde öğrenim gören 350 öğrenci ve çalışan 28 personelden oluşan 67 birimden toplam 378 katılımcıyla yürütülmüştür (Krejcie ve Morgan 1970).

Anket, Google Forms üzerinden hazırlanarak rastgele seçilen katılımcılara gönüllülük esasına dayanarak uygulanmıştır.

Anket katılımcılarının sayısı değerlendirildiğinde 174 kişinin ön lisans, 181 kişinin lisans ve 23 kişinin lisansüstü derecesinde olduğu/edittiği görülmektedir. Araştırma evrenindeki dağılım oranı incelendiğinde, katılımcı dağılımı bu araştırma için yeterli bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Katılımcı dağılımı

Katılımcı bilgileri	Derece			Toplam	%
	Önlisans	Lisans	Lisansüstü		
1. sınıf	67	32	0	99	26
2. sınıf	104	49	0	153	40
3. sınıf	0	19	0	19	5
4. sınıf	0	28	1	29	8
Hazırlık	0	50	0	50	13
Akademik personel	0	0	20	20	5
İdari personel	1	5	2	8	2
Toplam	174	181	23	378	100

Katılımcıların görüş ve ihtiyaçlarının değerlendirildiği anket kısmında 28 ifadeden üretilen sorular yöneltilmiştir. İfadeler metin içinde İ1, İ2, İ3, İ4, ..., İ28 şeklinde kodlanmıştır. Soruların cevapları “Kesinlikle katılmıyorum”, “Katılmıyorum”, “Kararsızım”, “Katılıyorum”, “Kesinlikle katılıyorum” şeklinde 5 yanıtla sınırlandırılmıştır. Sorulara verilen yanıtlar, en olumsuzdan en olumlu ifadeye, 1’den 5’e kadar puanlandırıldığı zaman değerlerin 2.25 ve 2.94 arasında kaldığı görülmektedir. Puanların genel ortalaması ise 2.57 olarak çıkmıştır. Sorulara verilen yanıtlar genel olarak değerlendirildiği zaman “Kesinlikle katılıyorum” cevabının yanıtlanma oranının düşük olduğu görülmektedir. Puanı en düşük olan İ13 aynı zamanda katılımcılardan %34.13 ile en fazla “Kesinlikle katılmıyorum” yanıtını alan sorudur. Dolayısıyla çalışma alanındaki en olumsuz durumun yaya hizmet eden donatıların yetersizliği olduğu söylenebilir. Ayrıca donatılar (İ15, İ16) engelliler için nitelik ve nicelik bakımından yetersiz bulunmuştur. Çalışma alanının akşam saatlerindeki aydınlık yeterliliği (İ18) %34.39 ile en çok “Kararsızım” cevabının verildiği soru olmuştur. Öğrencilerin çoğunun 1. öğretim olması bu cevabın nedenini açıklayabilir. Başka bir deyişle akşam saatlerinde muhtemelen yol düşük oranda kullanılmaktadır. Katılımcıların %30.69’u “Katılıyorum” yanıtını en çok yolun temizliğine (İ22) vermiştir. Soruya verilen diğer yanıtların da oranları değerlendirildiği zaman Yeni Nizamiye Yolu ile ilgili en fazla memnuniyet derecesine sahip konu temizlik ile ilgili olmaktadır. Ankette çıkan bir diğer konu da sürücü davranışları ile ilgili olan sorulara (İ7-İ10) verilen yanıtlardır. Katılımcıların çoğunluğu bu sorulara “Katılmıyorum” yanıtını vermiştir.

Ayrıca yolun engelliler için uygunluğu (İ4, İ15, İ16, İ26, İ28) değerlendirildiği zaman “Katılmıyorum” ve “Kararsızım” yanıtlarının çoğunlukta olduğu görülmektedir. “Kararsızım” cevabının fazla olması katılımcıların bilinç düzeyiyle ilişkilendirilebilir (Çizelge 2).

Araştırmada kullanılan ifadelerin çarpıklık ve basıklık değerleri analiz edildiğinde, değerlerin +2 ve -2 arasında değiştiği görülmektedir. Dolayısıyla verilerin normal dağılım gösterdiği kabul edilebilir (George ve Mallery 2020). Araştırmanın bundan sonraki aşamaları bu bulguya göre devam ettirilmiştir (Çizelge 2).

Ankette yer alan 28 ifadeye, anket geçerliliğinin test edilmesi için yeterli görülen faktör analizi uygulanmıştır. Ayrıca faktör analizi araştırmanın ilerleyen kısımlarında yer alan güvenilirlik, korelasyon ve farklılık testlerinin şekillendirilmesine fayda sağlayacaktır (Guilford 1946, Eysenck 1950, Cronbach ve Meehl 1955). Öncesinde verilerin faktör analizine uygunluğunu test etmek için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett testleri değerlerine bakılmıştır. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) testinde çıkan 0.947 katsayısı yeterli örneklem sayısına ulaşıldığını; Bartlett testi sonucu, korelasyon matrisinde yer alan ilişki düzeylerinin faktör analizi için uygun olduğunu göstermektedir (Hair ve ark. 2009) (Çizelge 3). Örneklem büyüklüğü yeterli görüldüğü için ankette kullanılan 28 ifade için faktör yükü 0.40 değeri ile sınırlandırılmıştır (Field 2009). İfadeler arasındaki ilişkiden dolayı “Direct Oblimin” rotasyonu uygulanmıştır (Field 2009, Hair ve ark. 2009).

Faktör analizi sonucunda İ26 iki farklı faktör altına girmiştir. İ21 ise girdiği faktör grubunda bulunan diğer ifadelerle anlamlı bir benzerlik göstermemektedir. Bu nedenle 2 madde eksiltilerek çalışmaya 26 ifade ile devam edilmiştir. Araştırmada kullanılan 26 ifade 4 faktör altında toplanmıştır. Faktörler ilgili ifadelerin kapsamlarına göre isimlendirilmiştir (Çizelge 4). Çalışmanın devamında faktör analizi bulguları kullanılmıştır.

Anketin güvenilirliğinin testi için Cronbach Alpha testi kullanılmıştır. 4 faktör altında toplanan ifadelerle yapılan test sonuçlarına göre çıkan 0,961 katsayısı anketin yüksek güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir (Hair ve ark. 2009). Bu nedenle çalışmaya mevcut ifadeler ve faktörler üzerinden devam edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 2. Anket ifadelerine verilen cevapların frekans analizi ve çarpıklık-basıklık değerleri

İfade* (i)	Kesinlikle katılmıyorum		Katılmıyorum		Kararsızım		Katılıyorum		Kesinlikle katılıyorum		Çarpıklık (Ç)	Basıklık (B)	Ortalama (%)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Sayı	%	Sayı	%				
İ1	80	21.16	103	27.25	110	29.10	73	19.31	12	3.17	0.15	-0.906	2.56
İ2	72	19.05	110	29.10	92	24.34	93	24.60	11	2.91	0.087	-1.058	2.63
İ3	75	19.84	118	31.22	96	25.40	77	20.37	12	3.17	0.21	-0.907	2.55
İ4	97	25.66	108	28.57	113	29.89	8	2.12	12	3.17	0.346	-0.665	2.39
İ5	61	16.14	100	26.46	101	26.72	101	26.72	15	3.97	-0.024	-0.996	2.75
İ6	59	15.61	87	23.02	116	30.69	100	26.46	16	4.23	-0.103	-0.902	2.8
İ7	95	25.13	108	28.57	101	26.72	56	14.81	18	4.76	0.374	-0.739	2.45
İ8	85	22.49	111	29.37	94	24.87	74	19.58	14	3.70	0.247	-0.928	2.52
İ9	89	23.54	112	29.63	87	23.02	79	20.90	11	2.91	0.238	-1.015	2.5
İ10	83	21.96	106	28.04	109	28.84	71	18.78	9	2.38	0.158	-0.93	2.51
İ11	65	17.20	104	27.51	82	21.69	110	29.10	17	4.50	-0.002	-1.12	2.76
İ12	62	16.40	103	27.25	128	33.86	75	19.84	10	2.65	0.027	0.778	2.65
İ13	129	34.13	104	27.51	74	19.58	61	16.14	10	2.65	0.509	-0.87	2.25
İ14	110	29.10	114	30.16	92	24.34	56	14.81	6	1.59	0.382	-0.863	2.29
İ15	108	28.57	118	31.22	103	27.25	41	10.85	8	2.12	0.442	-0.582	2.26
İ16	99	26.19	121	32.01	105	27.78	47	12.43	6	1.59	0.352	-0.707	2.31
İ17	67	17.72	82	21.69	118	31.22	93	24.60	18	4.76	-0.061	-0.922	2.76
İ18	54	14.29	80	21.16	130	34.39	99	26.19	15	3.97	-0.172	-0.777	2.84
İ19	72	19.05	114	30.16	125	33.07	54	14.29	13	3.44	0.238	-0.584	2.52
İ20	61	16.14	95	25.13	104	27.51	104	27.51	14	3.70	-0.072	-0.999	2.77
İ21	94	24.87	114	30.16	113	29.89	4	1.06	10	2.65	0.339	-0.639	2.37
İ22	52	13.76	69	18.25	123	32.54	116	30.69	18	4.76	-0.288	-0.774	2.94
İ23	67	17.72	88	23.28	128	33.86	81	21.43	14	3.70	-0.018	-0.835	2.7
İ24	61	16.14	98	25.93	104	27.51	102	26.98	13	3.44	-0.054	-0.998	2.75
İ25	60	15.87	115	30.42	107	28.31	86	22.75	10	2.65	0.071	-0.905	2.65
İ26	88	23.28	100	26.46	122	32.28	62	16.40	6	1.59	0.116	-0.928	2.46
İ27	60	15.87	96	25.40	113	29.89	92	24.34	17	4.50	-0.007	-0.892	2.76
İ28	65	17.20	121	32.01	125	33.07	57	15.08	10	2.65	0.203	-0.588	2.53

*İ1: Yaya geçidi nicel yeterlilik, İ2: Yaya geçidi genişliğinin yeterliliği, İ3: Yaya geçitlerinde güvenli ve konforlu geçiş, İ4: Yaya geçitlerinin engelliler için uygunluğu, İ5: Yaya geçitlerinin yayalara farkedilebilirliği, İ6: Yaya geçitlerinin sürücülere farkedilebilirliği, İ7: Sürücülerin yaya geçitlerinde yol vermesi, İ8: Sürücülerin hız sınırına uyma durumu, İ9: Sürücülerin yayalara dikkat etmesi, İ10: Sürücülerin yayalara saygılı davranması, İ11: Kaldırım genişliğinin yeterliliği, İ12: Döşeme malzemelerinin konforu, İ13: Yayaya hizmet eden donatı yeterliliği, İ14: Yayaya hizmet eden donatıların uygunluğu, İ15: Engellilere hizmet eden donatı yeterliliği, İ16: Engellilere hizmet eden donatıların uygunluğu, İ17: Aydınlatma elemanlarının yeterliliği, İ18: Akşam saatlerinde aydınlatma yeterliliği, İ19: Motorlu taşıt kazalarına karşı önlem yeterliliği, İ20: Kaldırım yüksekliğinin konforu, İ21: Hayvan saldırılarına karşı önlem, İ22: Kaldırımların düzenli temizliği, İ23: Kaldırımların düzenli bakımı, İ24: Kampüs alanına geçişi sağlayan kısa mesafeli bağlantıların bulunması, İ25: Kampüs alanına geçişi sağlayan bağlantıların konforu, İ26: Kampüs alanına geçişi sağlayan bağlantıların engellilere uygunluğu, İ27: Nizamiye girişinin yaya güvenliği açısından uygunluğu, İ28: Nizamiye girişinin engelliler açısından uygunluğu.

Çizelge 1. KMO ve Bartlett testi sonuçları

Kaiser-Meyer-Olkin Katsayısı	.947	
Bartlett Küresellik Testi	Approx. Chi-Square	7513.669
	df	325
	Sig.	0.000

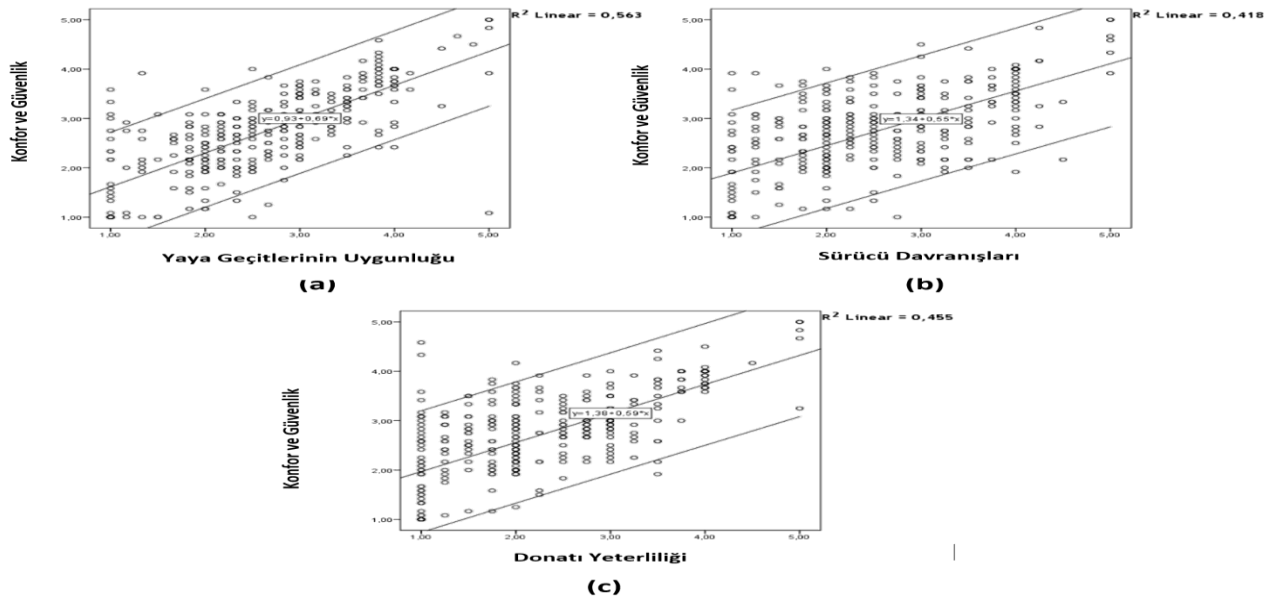
Saçılım grafiklerine göre verilerin lineer dağılım gösterdiği saptanarak (Şekil 5a, 5b, 5c) verilerin korelasyon analizi için uygun olduğuna karar verilmiştir. Verilerde normal dağılım gözlemlendiği için Pearson korelasyon testi uygulanmıştır (Hair ve ark. 2009, Gliner ve ark. 2015).

Çizelge 4. Faktör analizi bulguları

Faktör isimleri	İfadeler	Kümülatif		Faktörler			
		%		1	2	3	4
Konfor ve güvenlik	S20	50.971		.941	-.049	-.072	.018
	S22		.907	.010	-.040	.122	
	S23		.812	-.020	.036	.004	
	S17		.667	.058	.101	-.023	
	S18		.660	.058	.063	.022	
	S25		.658	.011	.117	-.062	
	S11		.619	.070	-.143	-.185	
	S27		.617	.054	.008	-.141	
	S12		.595	.033	.153	-.046	
	S24		.587	.028	.100	-.139	
Sürücü davranışları	S9	57.237		.012	.953	-.056	.029
	S10		.028	.874	-.005	.009	
	S8		.019	.836	.057	.025	
	S7		.004	.638	.120	-.180	
Donatı yeterliliği	S13	62.846		.034	.056	.858	.030
	S15		-.065	.062	.854	-.101	
	S16		.110	.004	.790	-.026	
	S14		.140	.024	.779	-.005	
Yaya geçitlerinin uygunluğu	S1	67.846		.004	-.094	.041	-.819
	S5		.031	.116	-.015	-.781	
	S2		.120	-.058	-.028	-.780	
	S3		.003	.107	.072	-.754	
	S6S		.097	.174	-.113	-.750	
	S4		-.056	.020	.292	-.645	

Çizelge 5. Cronbach's Alpha testi sonuçları

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	Faktörler
0.961	0.961	26



Şekil 5. Faktörler arasındaki doğrusal dağılımı gösteren grafikler (a) Konfor ve Güvenlik-Yaya Geçitlerinin Uygunluğu, (b) Konfor ve Güvenlik-Sürücü davranışları faktörleri arasındaki doğrusal dağılımı gösteren grafik, (c) Konfor ve Güvenlik-Donatı Yeterliliği faktörleri arasındaki doğrusal dağılımı gösteren grafik

Konfor ve güvenlik (Ortalama=2.274, SD=0.844) ve Sürücü davranışları (Ortalama=2.499, SD=0.985) skorları arasında ($r(df) = 0.646, p < 0.01$); Konfor ve güvenlik (Ortalama=2.274, SD=0.844) ve Donatı yeterliliği (Ortalama=2.283, SD=0.968) skorları arasında ($r(df) = 0.675, p < 0.01$);

Konfor ve güvenlik (Ortalama=2.274, SD=0.844) ve Yaya geçitlerinin uygunluğu (Ortalama=2.618, SD=0.924) skorları arasında ($r(df)=0.750, p < 0.01$) yapılan Pearson Correlation Testi sonuçlarına bakıldığı zaman yüksek seviyede pozitif ve 0.01 seviyesinde anlamlı bir ilişki görülmektedir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Pearson korelasyon testi sonuçları

Faktör isimleri	Ortalama	Std. sapma	Test	Konfor ve güvenlik
Konfor ve güvenlik	2.724	.844	Pearson Correlation	1
			Sig. (2-tailed)	
			N	378
Sürücü davranışları	2.499	.985	Pearson Correlation	.646**
			Sig. (2-tailed)	.000
			N	378
Donatı yeterliliği	2.283	.968	Pearson Correlation	.675**
			Sig. (2-tailed)	.000
			N	378
Yaya geçitlerinin uygunluğu	2.618	.924	Pearson Correlation	.750**
			Sig. (2-tailed)	.000
			N	378

** : Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Pearson korelasyon analizi sonuçları değerlendirildiği zaman, “Konfor ve güvenlik” faktörünün; “Sürücü davranışları”, Donatı yeterliliği” ve “Yaya geçitlerinin uygunluğu” faktörleriyle 0.01 önem seviyesinde, pozitif yönlü ve yüksek derecede korelasyona sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla özensiz sürücü davranışlarının, yayaya hizmet eden donatıların ve yaya geçitlerinin niteliksel/niceliksel yetersizliğinin konforlu ve güvenli yürüyüş seviyesini düşürdüğü söylenebilir.

Bağımsız değişkenler arasındaki lineer farklılığın test edilmesi için kullanılan “ANOVA” testi sonuçlarına göre, “Donatı yeterliliği” faktörü, öğrenim dereceleri arasında $p < 0.05$ değeriyle anlamlı farklılık göstermektedir. Veriler varyans homojenliği göstermediği için ($p < 0.05$) “Games Howell” testi uygulanmıştır (Field 2009). Test sonuçları, öğrenim seviyesinin artmasıyla verilen puanın düştüğünü göstermiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Farklılık testi sonuçları

	ANOVA	VH	Öğrenim Derecesi	Games Howell	Ort.
	sig.	sig.		sig.	
DY	.000	.002	Önlisans	.004	2.489
			Lisans	.000	
			Lisansüstü	.004	2.161
			Lisansüstü	.002	
			Önlisans	.000	1.673
			Lisans	.002	

DY: Donatı yeterliliği, VH: Varyans homojenliği

Gözlem Bulguları

Araştırma kapsamında 4 tane gözlem noktası belirlenmiştir. Seçilen noktalar, kullanıcı hareketlerini ve yönelimlerini şekillendiren kampüs-Yeni Nizamiye Yolu bağlantı noktalarıdır (Şekil 6). Her noktada yaya sayımı ve yaya hareketleri gözlenmiştir. Bu amaçla fotoğraf ve video çekme yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmalar her gözlem

noktasında, 3 gün (Pazartesi, Çarşamba, Cuma) ve günün 3 farklı periyodunda (08.00-09.00, 12.00-13.00, 16.00-17.00) sürdürülmüştür. 5, 7 ve 10 Haziran 2024 tarihlerinde toplamda yaya gözlemi için 9 kere alanda çalışılmış ve her gözlem noktasından 10'ar dakikalık video kaydı alınmıştır. Toplamda 36 video kaydı elde edilmiştir. Elde edilen verilerden görsellerle desteklenen Çizelgeler oluşturulmuştur.

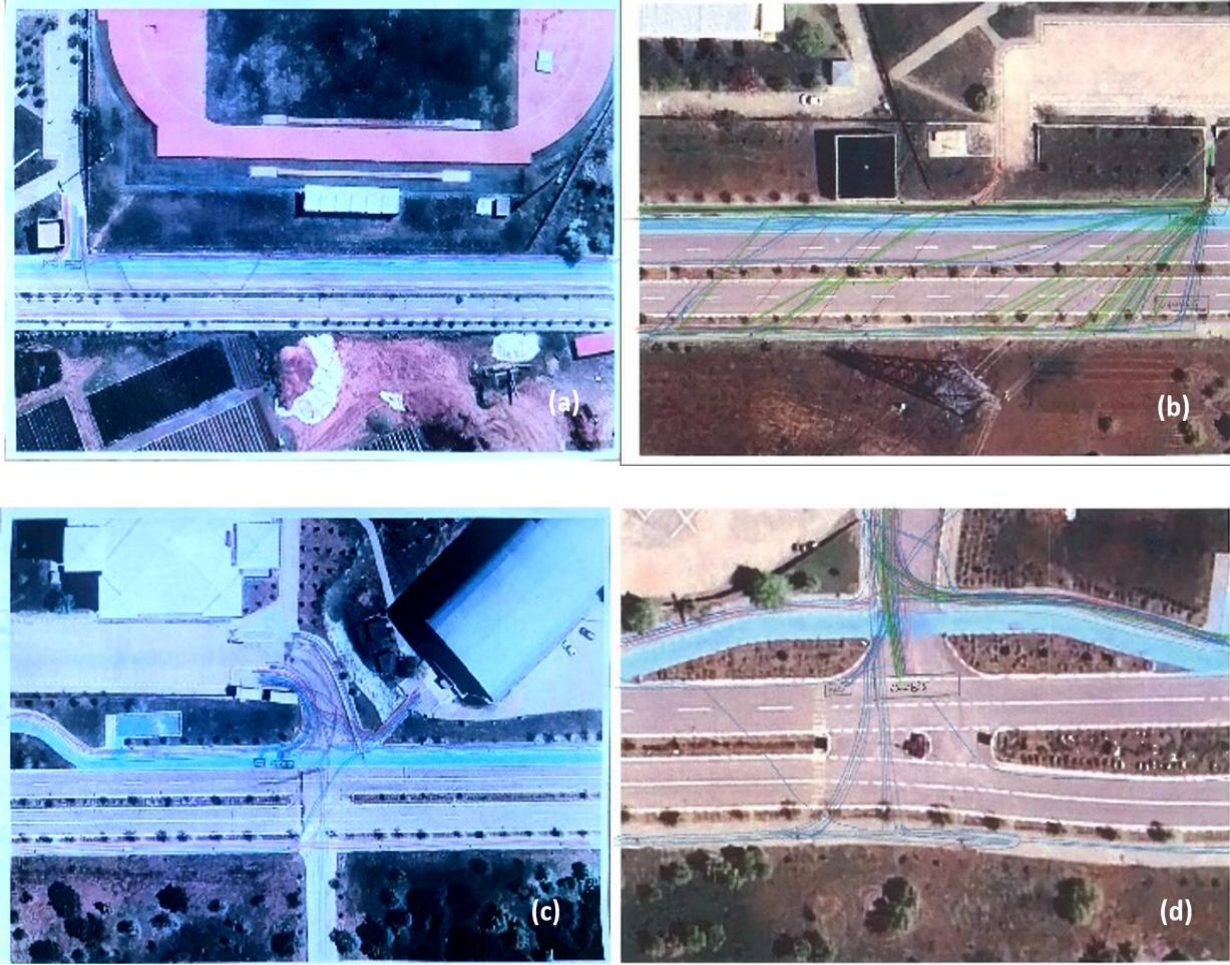


Şekil 6. Araştırma alanı ve gözlem noktaları

1., 3. ve 4. gözlem noktasında sabah saatlerinde ve 2. gözlem noktasında ise öğlen saatlerinde yaya yoğunluğu görülmektedir. Alanda yapılan gözlemler sonucunda genel olarak yaya yoğunluğunun en fazla olduğu gün pazartesi olarak belirlenmiştir. Sadece çarşamba günü 1. gözlem noktasında az bir fark ile diğer gözlem noktalarından daha fazla yaya geçişi gözlenmiştir. Özellikle 2. gözlem noktasında diğer gözlem noktalarına kıyasla daha fazla yaya geçişi görülmektedir. Bu noktada KYK Yurdu ve İslami İlimler Fakültesi'nin bulunması bu yoğunluğun başlıca nedeni gibi görünmektedir. En düşük yaya geçişinin 3. gözlem noktasında olduğu saptanmıştır. Yeni Nizamiye Yolu'ndaki en yoğun yaya geçişi sabah (08.00-09.00) ve öğle (12.00-13.00) saatlerinde görülmektedir (Çizelge 8).

1. gözlem noktasında (Meslek Yüksekokulları girişi) otobüsten inen yayaların MYO binasına yönlendiği görülmektedir. Otobüsle seyahat etmeyenlerin yürümek için kaldırımları ve bisiklet yolunu kullandıkları saptanmıştır. Bazı yayalar karşıdan karşıya geçerken yolu çapraz kullanmaktadırlar (Şekil 7a).

2. gözlem noktasındaki (Kredi Yurtlar Kurumu Kız Yurdu ve İslami İlimler Fakültesi girişleri) yaya hareketleri incelendiği zaman özellikle kampüs içinden İslami İlimler Fakültesi arasındaki karşıya geçişlerin çapraz yönlü olduğu görülmektedir. Bu noktada bisiklet yolunun yayalar tarafından kaldırımlar kadar yoğun kullanıldığı gözlemlenmiştir (Şekil 7b).



Şekil 7. Yaya hareketleri gözlem kartları; (a) 1. gözlem noktası, (b) 2. gözlem noktası, (c) 3. gözlem noktası, (d) 4. gözlem noktası

3. gözlem noktasında, (*Fen Edebiyat Fakültesi Binası C Blok Girişi*) otobüsten ya da taksiden inen yayaaların kampüse girişleri gözlemlenmiştir. Karşıdan geçişlerde yaya geçidinin kullanılmadığı ve çapraz geçişler saptanmıştır (Şekil 7c).

4. gözlem noktasında (*Fen Edebiyat Fakültesi Binası B Blok Girişi*) otobüsten ya da taksiden inen yayaaların kampüse girişleri gözlemlenmiştir. Karşıdan geçişlerde yaya geçidinin kullanılmadığı görülmektedir (Şekil 7d).

Yaya gözlemleri için kullanılan videolar araç gözlemlerine de ışık tutmaktadır. Bu çalışmaya ek olarak Yeni Nizamiye Yolu'ndan geçen motorlu taşıtların hız ölçümleri yapılmıştır. Araştırmanın bu kısmı 31.05.2024 Cuma, 03.06.2024 Pazartesi ve 05.06.2024 Çarşamba

günlerinde; günün 3 farklı periyodunda (08.00-09.00, 12.00-13.00, 16.00-17.00) yapılmıştır.

Böylece toplamda farklı noktalar ve zamanlarda 24 ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümler için her gözlem noktasının arasındaki güzergahlarda 100'er metrelik parçalar belirlenmiştir. Araları 100 m olarak belirlenen noktalarda bekleyen araştırmacılar tarafından eş zamanlı kronometre başlatma-bitirme yöntemiyle araç geçişlerinin süresi ölçülmüştür. Araçların hızları $Yol = hız \times zaman$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Böylece hız sınırı 30 km/s olan ana arterde sürücülerin kurala uyma durumları saptanmıştır. Kullanılan yöntemde sapmalar olabileceği için alınan veriler zaman aralığı verilerek gösterilmiştir. Elde edilen verilerden çizelge ve görseller oluşturulmuştur.

Çizelge 8. Gözlem noktalarından ölçülen yaya yoğunluğu çizelgesi

Gözlem tarihi (günü)	Gözlem saati	Yaya sayımı gözlem çizelgesi							
		1. gözlem noktası		2. gözlem noktası		3. gözlem noktası		4. gözlem noktası	
		n	%	n	%	n	%	n	%
10.06.2024 (Pazartesi)	08.00-09.00	44	15.83	56	12.47	13	15.29	51	21.89
	12.00-13.00	23	8.27	133	29.62	15	17.65	27	11.59
	16.00-17.00	28	10.07	26	5.79	11	12.94	9	3.86
05.06.2024 (Çarşamba)	08.00-09.00	42	15.11	44	9.80	9	10.59	23	9.87
	12.00-13.00	24	8.63	65	14.48	6	7.06	31	13.30
	16.00-17.00	35	12.59	21	4.68	6	7.06	15	6.44
07.06.2024 (Cuma)	08.00-09.00	39	14.03	38	8.46	11	12.94	34	14.59
	12.00-13.00	22	7.91	40	8.91	6	7.06	30	12.88
	16.00-17.00	21	7.55	26	5.79	8	9.41	13	5.58
Genel toplam		278	100.00	449	100.00	85	100.00	233	100.00

Motorlu taşıt sürücülerinin dikkate değer bir yoğunluğunun her gözlem noktası arasında Yeni Nizamiye Yolu'ndaki hız sınırını aştığı görülmektedir. Her gözlem

noktası arasında hız sınırını aşan sürücü sayısının %70'in üzerine çıktığı saptanmıştır (Çizelge 9).

Çizelge 2. Gözlem noktaları arasındaki taşıt hız ölçüm çizelgesi

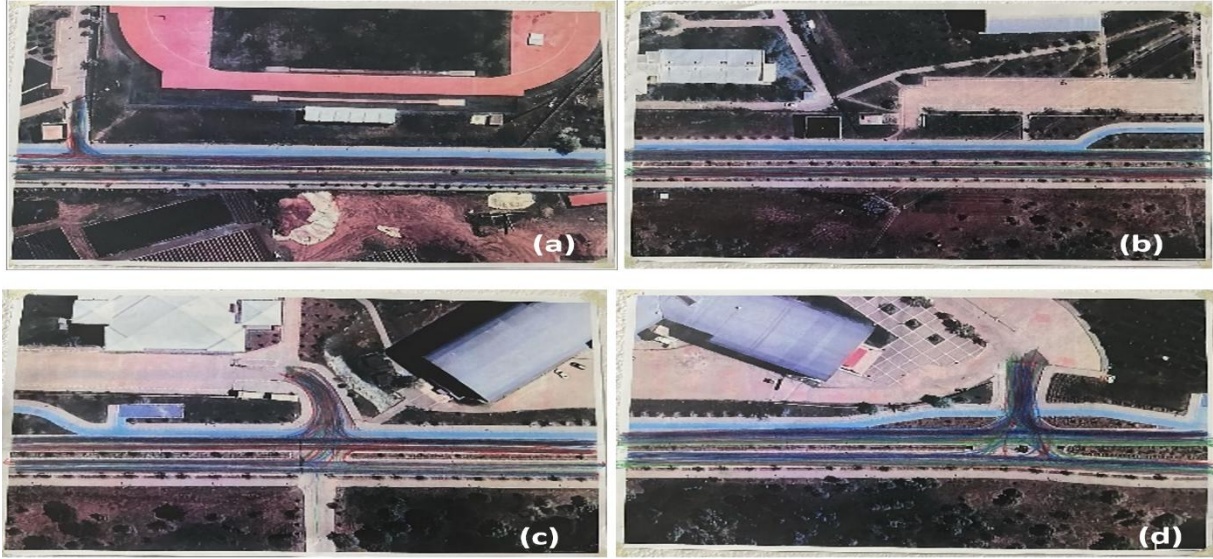
Gözlem günü	Gözlem saati	Taşıt Hızı Ölçümü Gözlem Çizelgesi									Toplam	%
		Gözlem Noktası 1-2 Arası			Gözlem Noktası 2-3 Arası			Gözlem Noktası 3-4 Arası				
		10 sn altı	10-12 sn	12 sn üstü	10 sn altı	10-12 sn	12 sn üstü	10 sn altı	10-12 sn	12 sn üstü		
Cuma (31.05.2024)	08.00-09.00	6	1	1	14	0	0	17	2	1	42	13.33
	12.00-13.00	4	4	0	9	20	1	4	1	1	44	13.97
	16.00-17.00	4	0	1	12	1	1	4	0	4	27	8.57
Pazartesi (03.06.2024)	08.00-09.00	9	0	0	20	0	0	7	0	3	39	12.38
	12.00-13.00	13	0	0	4	1	0	8	2	0	28	8.89
	16.00-17.00	5	1	1	5	2	0	6	4	2	26	8.25
Çarşamba (05.06.2024)	08.00-09.00	8	4	0	12	2	0	17	0	0	43	13.65
	12.00-13.00	6	0	0	11	1	2	10	1	0	31	9.84
	16.00-17.00	7	2	1	7	1	1	11	4	1	35	11.11
TOPLAM:		62	12	4	94	28	5	84	14	12	315	100
%:		19.68	3.81	1.27	29.84	8.89	1.59	26.67	4.44	3.81	100	

Araç sürücülerinin %76.19'unun gözlem noktaları arasında belirlenen 100 metrelik parçaları 10 saniye altında geçtikleri saptanmıştır. Dolayısıyla bu sürücülerin hızlarının 33 km/s'den fazla olduğu söylenebilmektedir. Sürücülerin %17.14'ü 30-33 km/s hızla, %6.67'si 30 km/s

altı hızla gitmektedir. Dolayısıyla sürücülerin büyük çoğunluğunun hız sınırına uymadığı saptanmıştır. Özellikle herhangi bir yere sapmadan yolu geçen sürücülerin çoğunluğunun 2. ve 3. gözlem noktası arasında

hız sınırını aştığı ve yol üzerindeki kavşağın hız düşürücü etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Belirlenen zamanlar arasında yolun sürücüler tarafından kullanım yoğunluğu değerlendirildiğinde önemli bir farklılığa rastlanmamıştır. Fakat sabah ve öğlen saatlerinde bir artış gözlenmiştir (Çizelge 9).

Araç hareketlerinin yaya hareketleri kadar karmaşık olmadığı görülmektedir (Şekil 7). Fakat 3. ve 4. gözlem noktalarında, Yeni Nizamiye Yolu'ndan kampüsün kuzeydoğusuna dönüşlerde şerit takibi yapılmayan sürücülerin olduğu saptanmıştır. Çalışma alanında otobüsler için belirli noktalarda otobüs durağının olmaması, durak alanı olarak bisiklet yolunun kullanılmasına sebep olmaktadır.



Şekil 8. Motorlu taşıt hareketleri gözlem kartları; (a) 1. gözlem noktası, (b) 2. gözlem noktası, (c) 3. gözlem noktası, (d) 4. gözlem noktası

TARTIŞMA

Yerleşkelerde yaya öncelikli ve erişilebilir tasarımlar, her kesimden kullanıcıları barındıran üniversitelerde eğitim/öğretim eşitliğini temin etmektedir. Bingöl Üniversitesi ana girişiyle başlayan ana arterin, yaya ulaşımını destekleyici ve erişilebilirlik açısından zayıf olduğu saptanmıştır. Fakat alanın küçük yapısal müdahalelerle iyileştirilmesi potansiyeli bulunmaktadır. Taktiksel kentleşme yöntemleri ekonomik, hızlı ve uygulama sürecinde katılımı destekleyen süreçlerdir. Bu bakış açısıyla uygulamanın kullanılabilirliğini ölçmek ve zafiyetlerini tespit edip iyileştirmek için fayda sağlamaktadır (Silva 2016, Webb 2018).

Araştırmada kullanılan yöntemler ve analizlerin birbirini destekleyici özellik taşımaktadır (Yıldırım ve Şimşek 2016, Anciaes ve Jones 2018). Mevcut durumu saptamak için yapılan ön çalışmalardan sonra yapılan anket ve gözlem

çalışmalarıyla araştırma derinleştirilmiştir. Ön çalışmada saptanan noksanların, anket çalışmasında kullanıcı düşüncelerine yansıdığı görülmektedir. Sorulara verilen cevaplar genel olarak değerlendirildiğinde, alanın yeteri kadar erişilebilir ve yaya dostu olmadığı görülmektedir. Yaya konforlu ve güvenli bir şekilde seyahat edebilmesi için kullanılan donatıların yeterliliği, yaya geçitlerinin yeterliliği ve sürücü davranışları birbirleriyle etkileşen süreçler yaratmaktadır (Ovstedal ve Olaussen 2002, Akbarishahabi 2022, Angelalia Roza ve ark. 2024).

Gözlem bulguları değerlendirildiği zaman taşıt hareketlerinin yaya hareketleri kadar karmaşık olmadığı görülebilmektedir. Arter üzerinde yayaya hizmet eden birimler aydınlatma elemanları, çöp kutuları ve kaldırımlardan ibarettir. Dolayısıyla yaya mümkün olan en kısa ve en rahat yolu tercih etme eğilimindedir (Weinstein Agrawal ve ark. 2008). Özellikle İslami İlimler Fakültesi ve KYK yurdunun bulunduğu kısımdan ana artere bağlanan

noktada karşıdan karşıya çapraz geçiş ve bisiklet yolundan yürüme gibi yaya davranışları saptanmıştır. Papadimitriou ve ark. (2017), çalışmalarında tehlikeli olmasına rağmen çapraz geçme eğiliminde olan yayalar saptamışlardır. Noyan ve Güçlütürk Baran (2024)'a göre bisiklet yolunu kullanan yayalar, bisiklet sürücüleri için problem yaratabilmektedir. Araç yolunda ise sürücü konforu önceliklendirilmiştir ve yaya geçitleri kullanışsızdır. Bu durum arter üzerinde hız sınırı 30km/s olmasına rağmen sürücülerin %70'inden fazlasının uymamasına neden olmaktadır. Dolayısıyla sürüş için elverişli mekânlarda sürücünün yayayı göz ardı etmesi ve kuralın büyük oranda caydırıcı olmaması durumu ortaya çıkmaktadır. Aydın ve ark. (2019) Akdeniz Üniversitesi Kampüsü ana arterlerinde yaptıkları çalışmada trafiği sakinleştirmek için kullanılan kıvrımlamaların (şikan) etkili olabileceklerini vurgulamışlardır. Yıldız Teknik Üniversitesi Senatosu kampüs yaşamını daha güvenli hale getirmek, kampüs içindeki araç sayısını azaltmak ve yaya kullanımını arttırmak için kampüs içinde ücretli otopark uygulaması getirmiştir. Otoparktan elde edilen gelir ise bursiyer öğrencilere kaynak olarak aktarılmaktadır (YTÜ 2019). Bu tip uygulamalar kampüslerde sosyal adaletin sağlanması açısından önem taşımaktadır.

Ülkemiz genelinde birçok üniversite kampüsünde; düşük sirkülasyonda rampa gibi yapıların yetersizliği, döşeme malzemelerinin bakımsızlığı, hissedilebilir zeminlerin noksanlığı ya da yaya yollarının düşük genişlikte tutulması gibi erişilebilirliğe dair problemler halen yaşanmaktadır. (Kurtaslan ve Küçükağtaş 2017, Yavuz ve Güner 2020, Çorbacı ve ark. 2020, Özkaraca ve İnceoğlu 2021, Yılmaz 2022).

Erişilebilirliğin geri planda tutulduğu üniversitelerde; eşit eğitim/öğretim hakkının sağlanamaması, açık ve yeşil alanların adil kullanılmaması, kampüsü kullanan tüm bireylerin sosyal/bilimsel/eğitsel olanaklara eşit derecede katılım gösterememesi gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir (Dinç Uyaroğlu 2018).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kampüs girişleri ve devamındaki ana arterler, buldukları kurum ile ilgili ilk izlenimi yaratma potansiyeline sahiptirler. Bu nedenle tasarım aşamasında

doğru planlama yapmak önem taşımaktadır. 2020 yılında yapılan Bingöl Üniversitesi ana arteri, bisiklet yoluyla yeşil ulaşım biçimlerinin teşviği ve engelsiz giriş opsiyonuyla erişilebilirlik konularındaki ilk izlenimi olumlu verebilmesine rağmen henüz ilk adımda hissedilebilir zeminlerin olmaması, ilk basamakta engelli rampasının noksanlığı ya da bisiklet yolunun kampüs içine devam etmiyor oluşu kullanıcı izlenimlerini negatif yöne doğru değiştirebilme potansiyeline sahiptir.

Alanın yaya öncelikli ve erişilebilir biçimde iyileştirilebilmesi için aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- Ana arter boyunca hissedilebilir zemin uygulamasının yapılması,
- Kaldırım başlangıç ve bitişlerinde en fazla %8 eğimli rampaların tanzim edilmesi,
- Ana arter üzerinde bulunan bitkisel ve yapısal unsurların düzenli olarak bakım ve onarım işlemlerinin yapılması,
- Yaya geçitlerinin yaya hareketlerine göre yeniden konumlandırılması ve kaldırımdan geçide iniş-çıkışlarda en fazla %8 eğimli rampaların tesis edilmesi,
- Yaya geçitlerinin bulunduğu yerlerde, yaya geçiş sürekliliğinin erişilebilir olarak sağlanabilmesi için refüjün bu kısımlarının yeniden tesis edilmesi,
- Ana arterden kampüsün kuzeydoğusuna yönelen ara yolların bulunduğu noktalarda, otobüs durağı inme-binme ceplerinin tesis edilmesi,
- Ana arter üzerinde trafiği sakinleştirici önlemlerin artırılması (yakalar, saptırıcılar, yükseltilmiş geçitler...),
- Yayaların ihtiyaçlarını karşılayan; oturma birimleri, üst örtü elemanları, wifi noktaları, şarj alanları (engelli sandalyesi, telefon vs...), otobüs durakları, atık kutuları (geri dönüşüm, çöp vs...) gibi donatıların yerleştirilmesi,
- Taşıtların bisiklet yoluna girmesini engelleyecek sınırlandırma elemanları,
- Bisiklet yolu üzerinde yaya-bisikletli ortak kullanılan noktalarda, yaya önceliğini hatırlatıcı işaretlerin koyulması,
- Yapılan iyileştirme işlemlerinin standartlara uygun tanzim edilmesi,
- Kampüse giren araç sayısının sınırlandırılmasıdır.

kavşağa yaklaşırken sürücülerin dikkatini arttırmak ve hızlarını kavşağa gelmeden düşürmelerini sağlamak amacıyla yol genişliği 4 m'ye düşürülmüştür.

5. Nokta: Bu nokta İslami İlimler Fakültesi'nin girişidir. Bu noktada yaya yoğunluğu fazladır. Bununla birlikte sürücüler bu kısımda hız sınırını aşmaktadır. Ayrıca fakülte girişinin olduğu yol ayırımında yayalar için uygun geçitler bulunmamaktadır. Bu nedenle yol ayırımının olduğu yerde yaya geçişini kolaylaştırmak için yol genişliği 4 m'ye düşürülerek yaya geçidi eklenmiştir. Yolun daraltılması amacıyla eklenen yakalara oturma birimleri, wifi noktası, şarj noktası gibi donatılar önerilmektedir. Bu noktada ayrıca otobüsler indirme yapmaktadır. Bu nedenle KYK yurdunun bulunduğu tarafa bir otobüs durağı eklenmiştir.

6. Nokta: Yolun bu kısmında yurttan ya da kampüsün kuzeydoğu yakasından gelen kullanıcıların yoğunluğu İslami İlimler Fakültesine ya da Meslek Yüksekokullarına gitmektedir. Bu nokta yaya kullanımının en yoğun olduğu kısımdır. Buna rağmen uygun yaya geçitleri bulunmamaktadır. Ayrıca yayaların büyük bir kısmının yolu çapraz biçimde geçtiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle bu kısımda yol daraltılarak yaya geçişlerini kolaylaştıracak geçitler eklenmiştir. Bu geçişler yayaların çapraz geçmesine uygun biçimde şekillendirilmiştir.

7. Nokta: Bu noktada hem sürücülerin hızını azaltmak hem de yaya geçişini önceliklendirmek için yükseltilmiş yaya geçidi kullanılmıştır.

8. Nokta: Bu noktada Fen-Edebiyat Fakültesine ve Kütüphaneye geçen yol ayırımı bulunmaktadır. Bu nedenle sürücülerin hızının azaltılması için yol daraltıcılar kullanılmıştır. Ayrıca otobüslerin yolcu indirdiği noktalardan biri olduğu için otobüs durağı ve oturma birimleri eklenmiştir.

9. Nokta: Bu noktada yeni nizamiye girişinden geçtikten sonra kampüsün kuzeydoğusuna geçilen ilk yol ayırımı bulunmaktadır. Bu noktada yaya yoğunluğu düşüktür fakat otobüslerin yolcu indirmektedir. Ayrıca Yabancı Diller Fakültesinin öğrencilerinin bu kısımda zaman geçirdiği saptanmıştır. Bu nedenle bu nokta yol daraltılmıştır, karşıdan karşıya geçişi kolaylaştıracak yaya geçitleri, otobüs durağı, engelli aracı için sarj alanı ve oturma birimleri eklenmiştir.

BİLGİLENDİRME

Bu makale, "2209-A Tübitak Üniversitesi Öğrenci Araştırma Projeleri Destekleme Programı" kapsamında desteklenen '1919B012318911' başvuru numaralı öğrenci projesinden üretilmiştir. Araştırmada kullanılan anket formu için Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 04.04.2024 tarih ve E.151578 sayılı kararıyla Etik Kurul Onayı alınmıştır. Ayrıca Rektörlüğün 30.05.2024 tarih ve E.158780 sayılı belge izniyle gözlem çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmanın bir kısmı 16-17 Aralık 2024 tarihlerinde Gaziantep'te düzenlenen "2. Gaziantep Bilimsel Araştırma Kongresi"nde sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Açıksöz S, Bollukçu P, Cengiz Gökçe G (2019) Peyzaj Planlama ve Tasarımında Katılımcı Yöntemler. In: Mimarlıkta Peyzaj Tasarımı. Nobel Akademik Yayıncılık, pp 207–229.
- AÇSHB (2020) Erişilebilirlik Kılavuzu. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, Engelli ve Yaşlı Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Uzman Matbaacılık, Ankara.
- Akbarishahabi L (2022) The Importance of Environmental Characteristics in Choosing a Walking Route in Cities. In: Proceedings of the International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism-ICCAUA. Antalya, pp:494-500
- Anadolu Ajansı (2019) Trafikte Yaya Önceliği Dönemi Başladı. In: Anadolu Ajansı. <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/trafikte-yaya-önceligi-donemi-basladi/1385176>. Erişim Tarihi: 09.03.2025.
- Anciaes PR, Jones P (2018) Estimating preferences for different types of pedestrian crossing facilities. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*, 52:222–237. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.11.025>
- Angelalia R, Yessy Y, Alfad A (2024) Security analysis of pedestrian comfort on the use of pedestrian paths in the Bung Hatta Palace Area. *Journal of Technology Informatics and Engineering*, 3:44–60. <https://doi.org/10.51903/jtie.v3i1.160>
- Arikan R (2018) Anket yöntemi üzerinde bir değerlendirme. *Haliç Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1:97–159.
- Audirac I (2008) Accessing transit as universal design. *J Plan Lit*, 23:4–16. <https://doi.org/10.1177/0885412208318558>
- Aydın MM, Akgöl K, Günay B (2019) Trafik sakinleştirme çalışmalarında farklı kıvrımlama uygulamalarının sürüş simülasyonu ortamında incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34:1793–1805. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.571558>
- Brown TA (2015) Confirmatory Factor Analysis for Applied Research. 2nd Edn. The Guilford Press, New York.
- Burton E, Mitchell L (2006) Inclusive Urban Design: Streets for Life. Routledge.
- Connel BR, Jones M, Mace R, Mueller J, Mullick A, Ostroff E, Stanford J, Steinfeld E, Story M, Vanderheiden G (1997) The Principles of Universal Design (Version 2.0). Raleigh. <https://design.ncsu.edu/wp-content/uploads/2022/11/principles-of-universal-design.pdf>
- Çorbacı ÖL, Turna T, Ercan Oğuztürk G (2020) Kamusal alanların peyzaj düzenlemesi açısından erişilebilirliğinin incelenmesi; Dicle Üniversitesi Kampüsü Örneği. *Düzcü Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 16:105–127.
- Cronbach LJ, Meehl PE (1955) Construct validity in psychological tests. *Psychol Bull*, 52:281–302. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/h0040957>
- Diñç Uyaroğlu İ (2018) Zorunluluktan öte: üniversite yerleşkesinin erişilebilirliği. *Mimarlık*, 404:70–74.

- Dostoğlu N, Şahin E, Taneli Y (2009) Tasarıma Kapsayıcı Yaklaşım: Herkes İçin Tasarım. *Mimarlık*, 347. <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=Ozet&DergiSayi=361&MenuID> Erişim Tarihi: 01.01.2024.
- Erçevik B, Önal F (2011) Üniversite Kampüs Sistemlerinde Sosyal Mekan Kullanımları. *Megaron*, 6:151-161.
- Evans G (2009) Accessibility, urban design and the whole journey environment. *Built Environ*, 35:366-385. <https://doi.org/10.2148/benv.35.3.366>
- Eysenck HJ (1950) Criterion analysis-an application of the hypotheticoductive method to factor analysis. *Psychol Rev*, 57:38-53. <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/h0057657>
- Field A (2009) *Discovering Statistics Using SPSS*. 3rd Edn. Sage Publications, London.
- George D, Mallery P (2020) *IBM SPSS Statistics 26 Step by Step, A Simple Guide and Reference*. 16th Edn. Routledge, Taylor & Francis Group, New York and London.
- Gleeson B (1999) *Geographies of Disability*. 1st Edn. Routledge, London.
- Gliner JA, Morgan GA, Leech NL (2015) *Uygulamada Araştırma Yöntemleri*. 2nd Edn. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Gören BG (2018) Engelli bireyler için erişilebilir üniversite kampüs alanlarının tasarım stratejilerinin geliştirilmesi: İstanbul Teknik Üniversitesi Kampüs Örneği. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Guilford JP (1946) New standards for test evaluation. *Educ Psychol Meas*, 6:427-438. <https://doi.org/10.1177/001316444600600401>
- Hahn H (1986) Disability and the urban environment: a perspective on Los Angeles. *Environ Plan D*, 4:273-288. <https://doi.org/10.1068/d040273>
- Hair JF, Black WC, Babin BJ, Anderson RE (2009) *Multivariate Data Analysis*. 7th Edn. Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Iranmanesh N (2008) Pedestrianisation a Great Necessity in Urban Designing to Create a Sustainable City in Developing Countries. In: 44th ISOCARP Congress. Dalian China.
- Kayadibi G, Aktuğlu Aktan EÖ (2020) İstanbul Anadolu Yakası D-100 karayolu üzerindeki alışveriş merkezlerinin trafiğe etkisi. *Journal of Planning*, 31:120-127. <https://doi.org/10.14744/planlama.2020.49092>
- Kaygısız Ö (2012) Trafik Sorunlarının Önlenmesine Yönelik Önlemler. Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü EGM Yayın Katalog Numarası: 696, Ankara.
- Krejcie R V., Morgan DW (1970) Determining Sample Size for Research Activities. *Educ Psychol Meas* 30:607-610. <https://doi.org/10.1177/001316447003000308>
- Kurtaslan B, Küçükkağtaş K (2017) Selçuk Üniversitesi Kampüsü'nde kaldırım-yaya yolu tasarımları ile kot farkı çözümlerinin fiziksel engelli erişimi açısından irdelenmesi. *Kesit Akademi Dergisi*, 21-53.
- Lid IM (2014) Universal design and disability: an interdisciplinary perspective. *Disabil Rehabil*, 36:1344-1349. <https://doi.org/10.3109/09638288.2014.931472>
- Litman T (2015) Use of Public Space for Shared Mobility. <https://www.slideshare.net/AlanWoodland/todd-litman-use-of-public-space-for-shared-mobility>. Erişim Tarihi: 16.02.2024.
- Living Streets (2017) *Creating Walking Cities a Blueprint for Change*. London.
- Lumi M (2023) *Tactical Urbanism*. <https://unsplash.com/s/photos/tactical-urbanism>. Erişim Tarihi: 08.03.2025.
- Mwaura N, Initiative F (2024) *Tactical Urbanism for Inclusive Transport*. Swedish International Centre for Local Democracy, Research Report No: 30, Africa.
- Noyan E, Güçlütürk Baran G (2024) Bisiklet kullanıcılarının karşılaştıkları sorunların incelenmesi. *Trafik ve Ulaşım Araştırmaları Dergisi*, 7:19-30. <https://doi.org/10.38002/tuad.1368970>
- Ovstedal L, Olaussen EO (2002) Understanding Pedestrian Comfort in European Cities: How to improve Walking Conditions? In: European Transport Conference. Association for European Transport, Cambridge, England.
- Özkaraca N, Inceoğlu M (2021) Üniversite yerleşkelerinde erişilebilirlik değerlendirmesi: Düzce Üniversitesi Kampüsü Örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9:1891-1908. <https://doi.org/10.29130/dubited.866597>
- Papadimitriou E, Lassarre S, Yannis G (2017) Human factors of pedestrian walking and crossing behaviour. *Transportation Research Procedia*, 25:2002-2015. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.396>
- Saplioglu M, Faisal AR (2020) Sinyal kontrollü ve kontrolsüz kesimlerde yayaların karşıdan karşıya geçiş davranışlarının değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10:309-320. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.567528>
- Silva P (2016) Tactical urbanism: towards an evolutionary cities' approach? *Environ Plann B Plann Des*, 43:1040-1051. <https://doi.org/10.1177/0265813516657340>
- Stähl A, Newman E, Dahlin-Ivanoff S (2010) Detection of warning surfaces in pedestrian environments: the importance for blind people of kerbs, depth, and structure of tactile surfaces. *Disabil Rehabil*, 32:469-482. <https://doi.org/10.3109/09638280903171543>
- Story MF (1998) Maximizing usability: the principles of universal design. *Assistive Technology*, 10:4-12. <https://doi.org/10.1080/10400435.1998.10131955>
- TCCB (2021) Emine Erdoğan, Türkiye Erişilebilirlik Ödülleri Töreni'ne katıldı. In: Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı. <https://www.tccb.gov.tr/haberler/410/126324/emine-erdogan-turkiye-erisilebilirlik-odulleri-toreni-ne-katildi>. Erişim Tarihi: 09.03.2025.
- TDK (2022) *Kampüs*. In: Güncel Türkçe Sözlük. <https://sozluk.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 09.03.2025.
- Türeyen MN (2002) Yükseköğretim Kurumları-Kampüsler. Tasarım Yayın Grubu, İstanbul.
- UI GreenMetric (2025) *The First World University Ranking on Sustainability: Rankings Overview*.
- URL-1 Sayılarla Bingöl Üniversitesi. bingol.edu.tr/tr/universitemiz/genel/sayilarla-bingol-universitesi, Erişim Tarihi: 03.03.2025.
- Webb D (2018) Tactical urbanism: delineating a critical praxis. *Planning Theory & Practice*, 19:58-73. <https://doi.org/10.1080/14649357.2017.1406130>
- Weinstein Agrawal A, Schlossberg M, Irvin K (2008) How far, by which route and why? a spatial analysis of pedestrian preference. *J Urban Des (Abingdon)*, 13:81-98. <https://doi.org/10.1080/13574800701804074>
- Yassin HH (2019) Livable city: an approach to pedestrianization through tactical urbanism. *Alexandria Engineering Journal*, 58:251-259. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.02.005>
- Yavuz A, Güner M (2020) Evrensel tasarım ilkeleri kapsamında üniversite yerleşkesinde erişilebilirliğin incelenmesi: ODTÜ Örneği. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural and Medical Sciences*, 7:210-229. <https://doi.org/10.38065/euroasiaorg.36>
- Yetimoğlu M, Yardım MS (2018) Yaya öncelikli yol ağlarında hız kontrolü odaklı sürdürülebilir trafik sakinleştirme uygulamaları: Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü Örneği. *EJONS International Refereed Indexed Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 2:9-21.
- Yıldırım A, Şimsek H (2016) *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. 10th Edn. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Yılmaz S (2022) Investigation of Niğde OHÜ Central Campus in Context of Universal Design Principles. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 9:28-37. <https://doi.org/10.38065/euroasiaorg.925>
- YTÜ (2019) YTÜ Trafik Yönergesi. In: Yıldız Teknik Üniversitesi Trafik Yönergesi. <http://www.guvenlik.yildiz.edu.tr/sayfa/8/YT%C3%9C-Trafik-Y%C3%B6nergesi/281>, Erişim Tarihi: 02.07.2025.

Orman Ağaçlandırma Faaliyetlerinin İnsansız Hava Aracı (İHA) Kullanılarak Planlanması: Artvin Örneği

Planning Forest Afforestation Activities Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): The Case of Artvin

Mustafa ACAR*¹ , Saliha ÜNVER² 

*¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

Eser bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1720603

*Sorumlu yazar / Corresponding author

Mustafa ACAR

e-mail: mustafa.acar@artvin.edu.tr

Geliş tarihi / Received

16.06.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

09.07.2025

Kabul tarihi / Accepted

10.07.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Yersel ölçümler

İHA

Doğruluk analizi

Ağaçlandırma faaliyetleri

Dağlık arazi

Keywords:

Terrestrial measurements

UAV

Accuracy analysis

Afforestation activities

Mountainous terrain

Özet

Bu çalışmada, orman ekosistemlerinde gerçekleştirilen ağaçlandırma ve bakım faaliyetlerinin planlanmasında insansız hava aracı (İHA) teknolojisinin doğruluk analizi araştırılmıştır. Artvin Orman İşletme Şefliği sınırlarında 2019 yılında ağaçlandırılmış, alanı ve ortalama eğimi sırasıyla 3.5 ha ve %60 olan ormanlık saha çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanında Meridian M6 model GPS/GNSS ile elde edilen yersel fotogrametrik veriler ile gerçekleştirilen toplam 24 adet teras üzerine 3 m aralıklarla sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) (800 adet) ve fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) (200 adet) fidanları dikilmiştir. Alanın Sayısal Arazi Modeli ve ortofoto haritasının üretimi için Nisan 2025 tarihinde DJI Mavic 3 Enterprise cihazı ile İHA görüntüleri alınmıştır. Uçuş öncesinde alanda üç adet yer kontrol noktası (YKN) yapılarak Meridian M6 marka CORS cihazı kullanılarak RTK yöntemi ile konuları belirlenmiştir. Çalışma alanında 2.02 cm yer örnekleme aralığında 9 kolon ile İHA uçuşu planlanarak 41.8 m yükseklikte %80 ön bindirme ve %70 yan bindirme oranıyla 188 görüntü elde edilmiştir. ArcGIS 10.2 ve Google Earth Pro yazılımları kullanılarak PIX4D yazılımında işlenen görüntüler üzerinde hesaplamalar yapılmıştır. Yersel ölçüm ve İHA ile elde edilen verilere göre mevcut durumdaki teras uzunlukları ve ağaç sayıları karşılaştırılarak İHA yönteminin etkinlik oranı sırasıyla %99.4 ve %98.8 olarak belirlenmiştir. Çalışma alanındaki ağaçlandırma faaliyetleri yersel olarak beş kişi ile iki günde gerçekleştirilirken İHA ile bir operatör tarafından yarım günde gerçekleştirilebildiği belirlenmiştir. Bu durum ağaçlandırma faaliyetlerinin İHA verileri ile planlanmasının hem zamansal hem de ekonomik olarak önemli katkılar sunduğunu göstermiştir.

Abstract

In this study, the accuracy analysis of unmanned aerial vehicle (UAV) technology was investigated in the planning of afforestation and maintenance activities carried out in forest ecosystems. A forested area with an area of 3.5 ha and an average slope of 60%, which was afforested in 2019 within the boundaries of the Artvin Forest Management Directorate, was selected as the study area. A total of 24 terraces were created in the study area using terrestrial photogrammetric data obtained with the Meridian M6 model GPS/GNSS, and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) (800 seedlings) and stone pine (*Pinus pinea* L.) (200 seedlings) were planted at 3 m intervals. For the production of the Digital Terrain Model and orthophoto map of the area, UAV images were captured using a DJI Mavic 3 Enterprise device in April 2025. Prior to the flight, three ground control points (GCPs) were established in the area, and their locations were determined using the RTK method with a Meridian M6 CORS device. An UAV flight was planned with 9 columns at a ground sampling interval of 2.02 cm, resulting in 188 images obtained at a height of 41.8 m with an 80% forward overlap and 70% side overlap. Calculations were performed on the images processed in PIX4D software using ArcGIS 10.2 and Google Earth Pro software. Based on the data obtained from ground measurements and UAVs, the current terrace lengths and tree counts were compared, and the effectiveness rate of the UAV method was determined to be 99.4% and 98.8%, respectively. While afforestation activities in the study area were carried out by five people over two days on the ground, it was determined that they could be completed by a single operator in half a day using UAVs. This demonstrates that planning afforestation activities using UAV data offers significant contributions in terms of both time and cost.

GİRİŞ

Ormanlık faaliyetleri, silvikültürel müdahalelerden orman amenajmanına, orman yolu inşaatından odun hasadına kadar hem ekolojik hem de teknik açıdan

birbirinden farklı dinamiklere sahip değişik işleri kapsar. Bu faaliyetler gerek topoğrafya ve iklim gibi çalışma alanının özellikleri gerekse de yapılan işlerin doğaları nedeniyle zor, riskli, zaman alan ve maliyetli işlerdir. Canlı bir ekosistem olan ormanlara yapılacak müdahalelerin

hem ormanın biyolojik ve teknik özellikleri hem de ekosistem elemanları arasındaki etkileşimler dikkate alınarak planlanması gereklidir. Bu nedenle tüm ormancılık faaliyetleri, etkilendikleri elemanların özellikleri ve istekleri gözetilerek yıllık planlar dahilinde gerçekleştirilir. Özellikle biyolojik açıdan ağaç türlerinin isteklerinin farklı olması nedeniyle ağaçlandırma ve sonrasında yapılacak bakım faaliyetlerinin gerçekleştirilme zamanları ve müdahale tiplerinin doğru belirlenmesi önemlidir.

Ormancılıkta ağaçlandırma, ağaçsız orman arazileri ya da daha önce ormanlık olan ancak yangın, fırtına ya da ormancılık stratejileri gibi çeşitli nedenlerle ağaçsız hale gelen alanlarda ağaç yetiştirme süreci şeklinde tanımlanabilir. Ormanların sunmuş oldukları mal ve hizmetler, iklim değişimine büyük katkıları sunan orman alanlarının artırılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasında daha da önem kazanmıştır. Yanlış arazi kullanımı, hatalı ormancılık uygulamaları gibi nedenlerle meydana gelen orman alanlarındaki azalmanın önüne geçilmesindeki en etkin faaliyetlerden biri ağaçlandırma faaliyetleridir. Ağaçlandırma faaliyetleri; planlama, arazi üzerindeki bitki örtüsünün temizlenmesi, toprağın hazırlanması, fidanların dikilmesi ve bakım yapılması aşamalarından oluşur (Ünver ve Yücesan 2024). Fidan dikimi gerçekleştirildikten sonra fidanların sağlığını korumak, optimum büyümelerini sağlamak ve karbon depolama potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için çeşitli bakım faaliyetleri uygulanır. Bu uygulamaların başlıcaları; zayıf kalan fidanların seyreltilmesi, ot temizliği ve fidanların tutmaması nedeniyle boş kalan alanlarda uygulanacak tamamlama dikimleridir. Ağaçlandırma uygulamaları ve bakım faaliyetlerinin planlanmasında gerekli veriler büyük oranda saha çalışmasından oluşan verileri içerir. Orman yönetimi için gerekli olan bu tür veri toplama biçimi, insan gücü, ekipman, zaman ve para açısından önemli kaynaklar gerektirir. İşin maliyeti ve gerçekleştirme süresinin belirlendiği planlama aşamasında ağaç türü ve alanın büyüklüğüne göre; gerekli fidan sayısı, makine tipi ve miktarı, işgücü sayısı, dikim aralık ve mesafeleri verilerine ihtiyaç duyulur. Bakım uygulamalarında ise seyreltme ve tamamlama yapılacak noktaların tespiti, müdahale edilecek alanların her birinde ihtiyaç duyulan fidan sayısı ve işgücü miktarının

belirlenmesi gerekir. Planlama ve bakım aşamaları için ihtiyaç duyulan verilerin geleneksel yöntemlerle elde edilmesi, alanın tamamı gezilerek arazi özelliklerinin değerlendirilmesi ve gerekli ölçümlerin yapılması şeklinde gerçekleştirilir. Özellikle ulaşımı zor, topografik yapısı değişken, işgücü için riskli ve geniş alanlarda gerçekleştirilecek ağaçlandırma faaliyetlerinde geleneksel yöntem maliyet ve zaman açısından çeşitli sorunlar oluşturabilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte geleneksel yöntemlerin dezavantajlarının minimize edilebilmesi amacıyla ölçümlerin havadan gerçekleştirildiği çeşitli fotogrametrik yöntemler yaygınlaşmıştır.

Fotogrametrik yöntemler uzakta olan obje ya da alanlar ile ilgili coğrafi verilerin doğru olarak elde edilmesi için geliştirilmiştir. İnsansız Hava Araçları (İHA) pek çok değişik sektörlerde yaygın kullanım alanı bulması ile ön plana çıkmıştır. İHA, içinde pilotu olmayan, sadece amaca uygun video kamera ve fotoğraf makinesi taşıyan, genellikle telefon, tablet gibi uzaktan komuta edilmek üzere görevini yapabilen bir uçak çeşidi olarak tanımlanır (Sucu 2019). İHA sistemlerinin bu derece ilgi görmesi; düşük maliyet, yüksek hız ve çözünürlük, tekrarlı uçuş kabiliyeti, hassas veri ölçümü, anlık çözüm üretme ve düşük emisyon gibi avantajlarından kaynaklanmaktadır (McClelland II ve ark. 2018, Shakhathreh ve ark. 2019, Potente ve ark. 2021, Chen ve ark. 2022). İHA sistemlerinin kullanımında karşılaşılabilen dezavantajlar ise kısa pil ömrü, GPS sinyal kaybı, iklim koşulları ve kentsel alanlarda kullanımları ile ilgili kısıtlayıcı düzenlemelerdir (Golizadeh ve ark. 2019).

Sürekli gelişen İHA sistemleri ile üretilen haritaların hassasiyetlerinin yersel ölçme tekniğine giderek yaklaşması ile İHA'lar birçok farklı disiplinde kullanılmaya başlanmıştır. Literatürde, tarım (Sarabia ve ark. 2020, Videras Rodríguez ve ark. 2021, Özkan 2024), arkeoloji (Ulukavak ve ark. 2019, Ulvi ve Yiğit 2020, Kaya ve ark. 2021), arama kurtarma (Verykokou ve ark. 2018), park tabanlı fiziksel aktiviteleri planlama (Park ve Ewing 2017), yaya gözlemleri (Ma ve ark. 2016, Park ve Ewing 2018), trafik yoğunluğu ve yol inşaatı (Li ve ark. 2018, Lee ve Lee 2022, Iqbal ve ark. 2025), inşaat (Álvares ve ark. 2018), mimarlık (Ulvi ve ark. 2020), lojistik (Çalışkan

2020), madencilik (Dawei ve ark. 2020, Ren ve ark. 2020) gibi birçok alanda İHA kullanımı konusunda çalışmalar yaygınlaşmıştır.

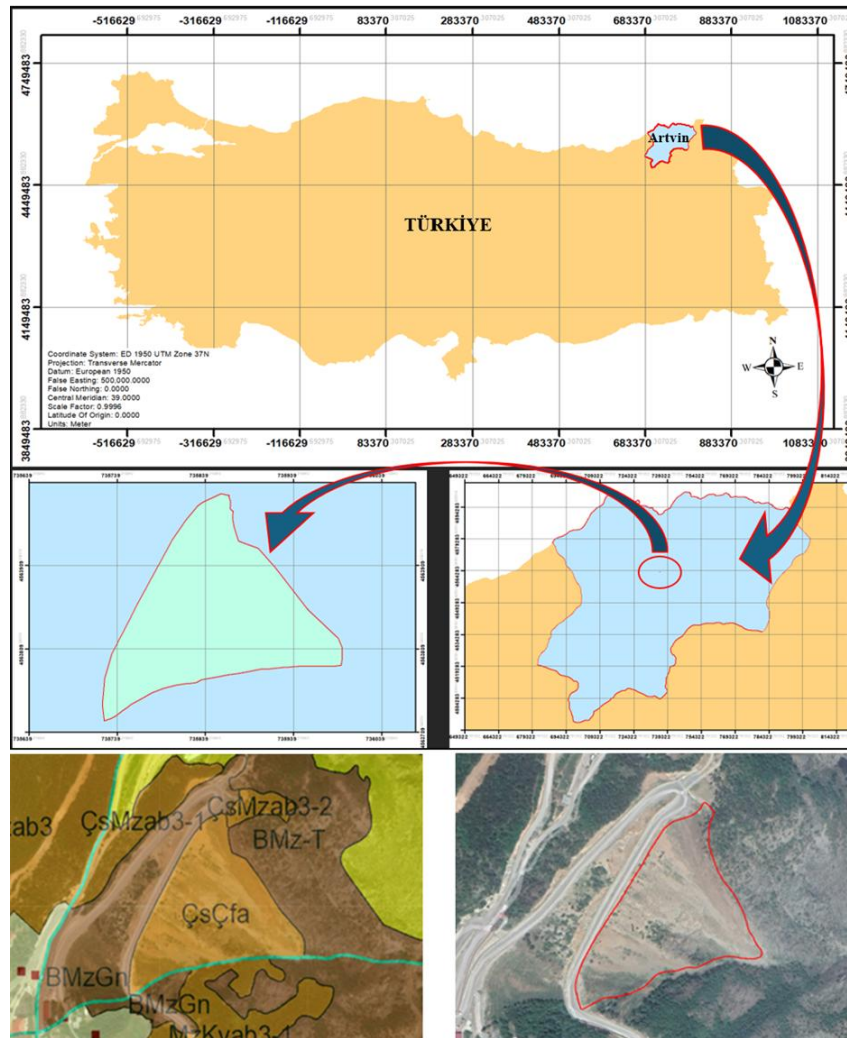
Ormanlık faaliyetlerinde tepe boşluklarının haritalanması (Schiefer ve ark. 2020), orman hasadı (Talbot ve ark. 2018), orman amenajmanı (Cromwell ve ark. 2021, Dainelli ve ark. 2021), orman sağlığı (Ecke ve ark. 2022), yaban hayatı (Olsoy ve ark. 2018, Tomljanović ve ark. 2018, Krause ve ark. 2021), orman ekolojisi (Koontz ve ark. 2022), orman yangınları (De Vivo ve ark. 2021), heyelan (Eker ve ark. 2018), afet sonrası hasat faaliyetleri (Mokroš ve ark. 2017), orman yolları (Kim ve ark. 2022, Hasegawa ve ark. 2023, Türk ve Canyurt 2024), orman zararlılarının yayılımı ve ormana etkileri (Iost Filho ve ark. 2020, Martel ve ark. 2021) gibi değişik amaçlarla İHA kullanılan çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ancak ormancılıkta ağaçlandırma faaliyetlerinin uygulanması ya da sonrasında yapılacak bakım faaliyetlerinin

planlanmasında ihtiyaç duyulan; mevcut ağaç sayısı, planlanacak teras uzunluğu, dikilecek fidan sayısı, tamamlama dikimleri için ihtiyaç duyulan fidan sayısı gibi verilerin İHA ile temini konusunda kapsamlı çalışmalar bulunmamaktadır. Bu çalışmada ormanlık alanlarda gerçekleştirilen ağaçlandırma uygulamaları ve sonrasındaki bakım uygulamalarının planlanması için İHA görüntüleri ile elde edilen verilerin doğruluk analizinin yapılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

Çalışma alanı Türkiye'nin kuzey doğusundaki Artvin Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan ve 2019 yılında ağaçlandırılmış ormanlık sahalardan seçilmiştir (Şekil 1, Çizelge 1).



Şekil 1. Araştırma alanının genel görünümü

Çizelge 1. Çalışma alanının genel özellikleri

Koordinat	41.191542° enlem - 41.812203° boylam
Meşcere tipi	ÇsÇfa
Alan (ha)	3.5
Yükseklik (m)	509
Ortalama eğim (%)	60
Diri örtü	Yok

Artvin Orman İşletme Şefliği Yenimahalle mevkiinde ana yolun dolduru şevinde yer alan çalışma alanı, IUFRO sınıflamasına göre çok dik arazi sınıfında olup yüksek kayma riskine sahiptir. Çalışma alanında heyelan oluşumunun önlenmesi amaçlı olarak daha önce herhangi bir önlem alınmamıştır. Bu özellikte bir alanda toprak kayma riskinin azaltılması için yapılacak ağaçlandırma faaliyetleri ve sonrasındaki bakım çalışmalarının doğru olarak planlanması hem yolun hem de arazinin zarara uğramasının önüne geçilmesi açısından önemlidir.

Materyal

Çalışma alanında yapılan yersel ölçümler Meridian M6 model bir GPS/GNSS ile gerçekleştirilmiştir. Sayısal Arazi Modeli ve ortofoto harita üretimi için kullanılan İHA görüntüleri Nisan 2025 tarihinde DJI Mavic 3 Enterprise cihazı ile elde edilmiştir (Şekil 2).



(a)



(b)

Şekil 2. Meridian M6 GPS/GNSS (a) ve DJI Mavic 3 Enterprise insansız hava aracı (b)

Görüntülerin alındığı DJI Mavic 3 Enterprise cihazının pil ve pervaneler dâhil ağırlığı, maksimum irtifası ve maksimum uçuş süresi sırasıyla 915 gr, 6000 m ve 45 dakikadır. Cihazdaki sabitlenmiş kameralarda; 48 MP, 162 mm odak uzaklığı, 56 x hibrit yakınlaşma, 4/3 CMOS algılayıcı, mekanik deklanşör yer almaktadır ve uydu konumlama sistemi olarak GPS/GLONASS mevcuttur. Arazi çalışmalarındaki ölçümler, cihaza takılı olan ve cihazın modeline uyumlu RTK modülü ile gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 24±2 gr ağırlığındaki Real Time Kinematik (RTK) modülü, yatayda 1 cm+1 ppm ve düşeyde 1.5+1 ppm cm doğrulukta alım yapabilmektedir. İHA uçuşlarından elde edilen görüntülerin işlenmesi ve değerlendirilmesinde ArcGIS 10.2, Google Earth Pro ve PIX4D yazılımlarından yararlanılmıştır.

Yersel Ölçümler

Ağaçlandırma sahasında mevcut durumdaki teras uzunlukları ve fidan sayılarını belirlemek amacı ile alanın tamamı gezilmiştir. Çelik şerit metre kullanılarak teras uzunlukları belirlenmiş ve teraslar üzerindeki fidan sayıları not edilmiştir. Yapılan bu ölçümler İHA etkinliğinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Yer Kontrol Noktalarının Yerleştirilmesi

Uçuş öncesinde İHA ile veri alımının kolaylaştırılması ve görüntülerin dengelenmesinde kullanmak için çalışma alanına homojen olarak dağılmış 3 adet YKN konumlandırılmıştır. Bu noktalar, arazinin kritik noktalarına ve zemin ile zıt renkte olacak şekilde (kırmızı-beyaz) işaretlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Yer kontrol noktalarının görünümü

YKN'lerin konumları (X, Y ve Z) Meridian M6 marka CORS cihazı kullanılarak klasik RTK yöntemi ile gerçekleştirilmiştir (Çizelge 2).

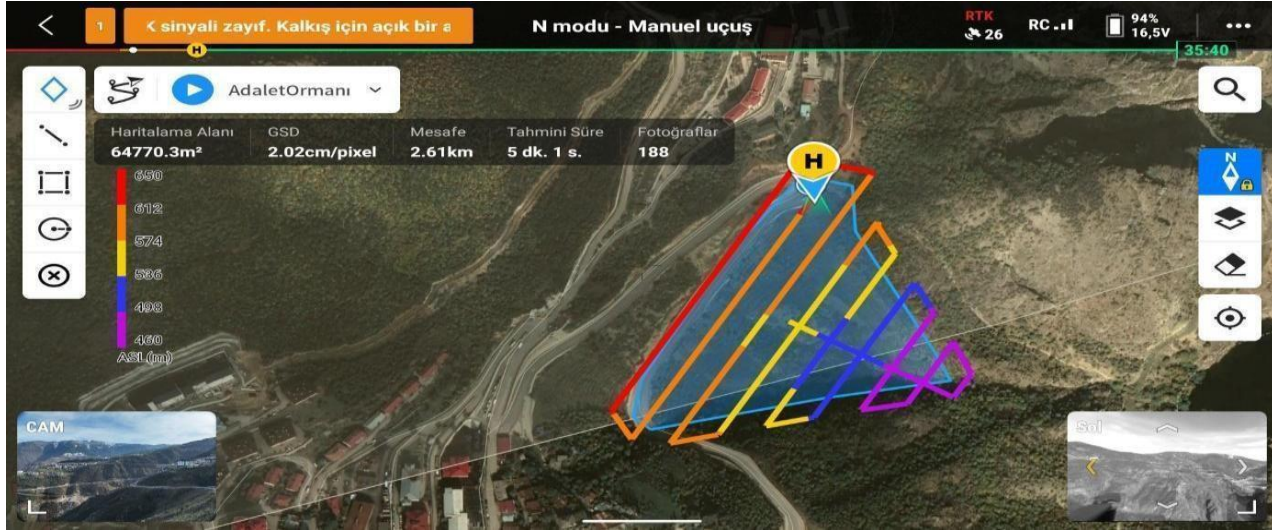
Çizelge 2. Yer kontrol noktalarının koordinatları

Nokta No	X	Y	Z
P.1	735718.294	4563755.497	540.0
P.2	735785.269	4563908.816	540.0
P.3	735865.152	4564018.180	552.0

Uçuş Planı ve Görüntü Alımı

Çalışma alanında YKN'lerin tesis edilmesinden sonra DJI Mavic 3 Enterprise marka İHA istenilen görüntü

çözünürlüğü ve bindirme oranına göre ayarlanmıştır. Çalışma alanının topografyasına göre ağaçlandırma sahası için planlanan uçuş, 2.02 cm/pixel yer örnekleme aralığında 9 kolon ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4, Çizelge 3).



Şekil 4. Çalışma alanında uygulanan İHA uçuş planı

Çizelge 3. İHA Uçuş Özellikleri

Uçuş no	Uçuş alanı (ha)	Mesafe (km)	Uçuş süresi (dk)	Uçuş yükseklik (m)	Bindirme oranı (%)	Fotoğraf sayısı	Kolon sayısı
1	3.57	2.61	5.1	41.8	75	188	9

Görüntü İşleme

Çalışma alanında ilk tesis edilen terasların uzunlukları, Google Earth Pro açık kaynak veri programından elde edilen tesis edildikleri 2019 yılına ait uydu görüntüleri kullanılarak belirlenmiştir. Bunun için çalışma alanına ait

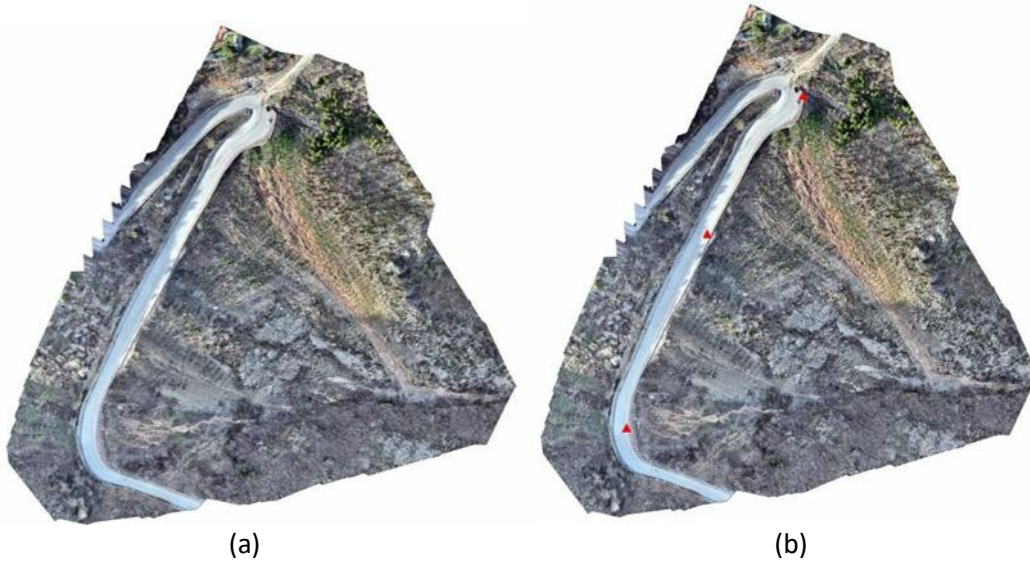
amenajman planlarının veri dosyalarından elde edilen ağaçlandırma sahasının sınırları ArcGIS 10.2 programı ile .KML uzantılı hale getirilmiş ve Google Earth üzerinde koşturulmuştur. Böylelikle elde edilen 16.11.2019 tarihli uydu görüntüsünde çizgi katmanı oluşturularak tesis edilen terasların uzunlukları ölçülmüştür (Şekil 5).



Şekil 5. Teraslama uygulamaları uydu görüntüsü (16.11.2019)

Ağaçlandırma alanında günümüzdeki mevcut teras uzunlukları DJI Mavic 3 Enterprise marka İHA kullanarak elde edilen görüntülerden yararlanılarak belirlenmiştir. Çalışma alanı üzerinde yapılan İHA uçuşunda; %75 bindirme oranı ile çekilen yüksek çözünürlüklü fotoğraflar, PIX4D programına yüklenerek birleştirilmiş,

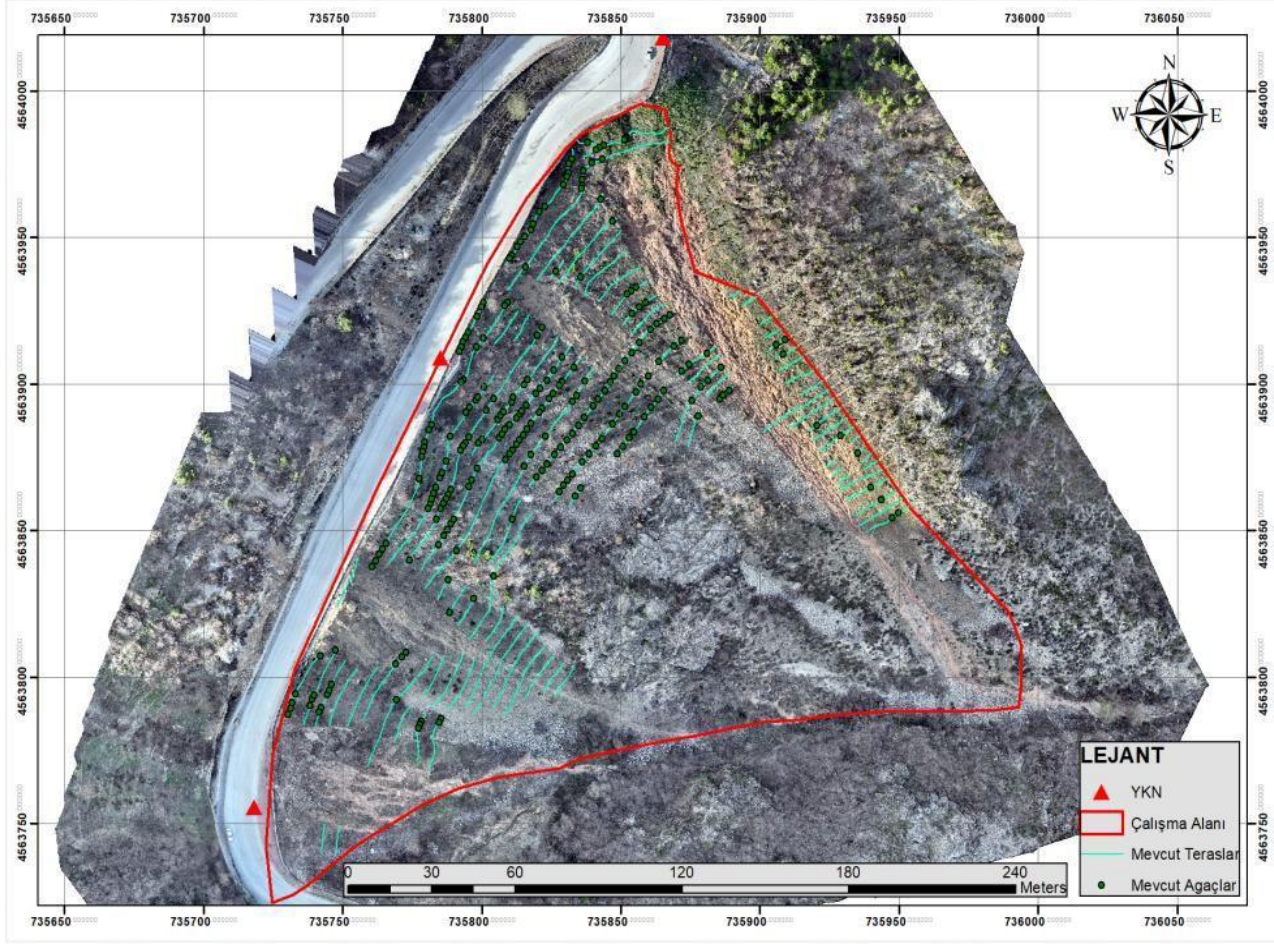
.TIFF uzantılı dosyası ve ortofoto haritası elde edilmiştir. İHA görüntülerinde oluşabilecek olası kaymaları ortadan kaldırmak için uçuş öncesinde oluşturulan 3 YKN noktasının koordinatları işaretlenerek gerekli düzeltmeler yapılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Çalışma alanının ortofoto haritası (a) ve yer kontrol noktaları (b)

Sonrasında elde edilen .TIFF dosyası ArcGIS 10.2 programında koşturulmuş, yersel ölçüm ve gözlemler ile kıyaslanmıştır. Belirlenen terasların uzunlukları çizgi

katmanı olarak ve fidan sayıları nokta katmanı olarak veri setine eklenmiştir. Ağaçlandırma alanındaki güncel teras uzunlukları ve fidan sayıları belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. 2025 Yılındaki mevcut teraslar ve fidanlar

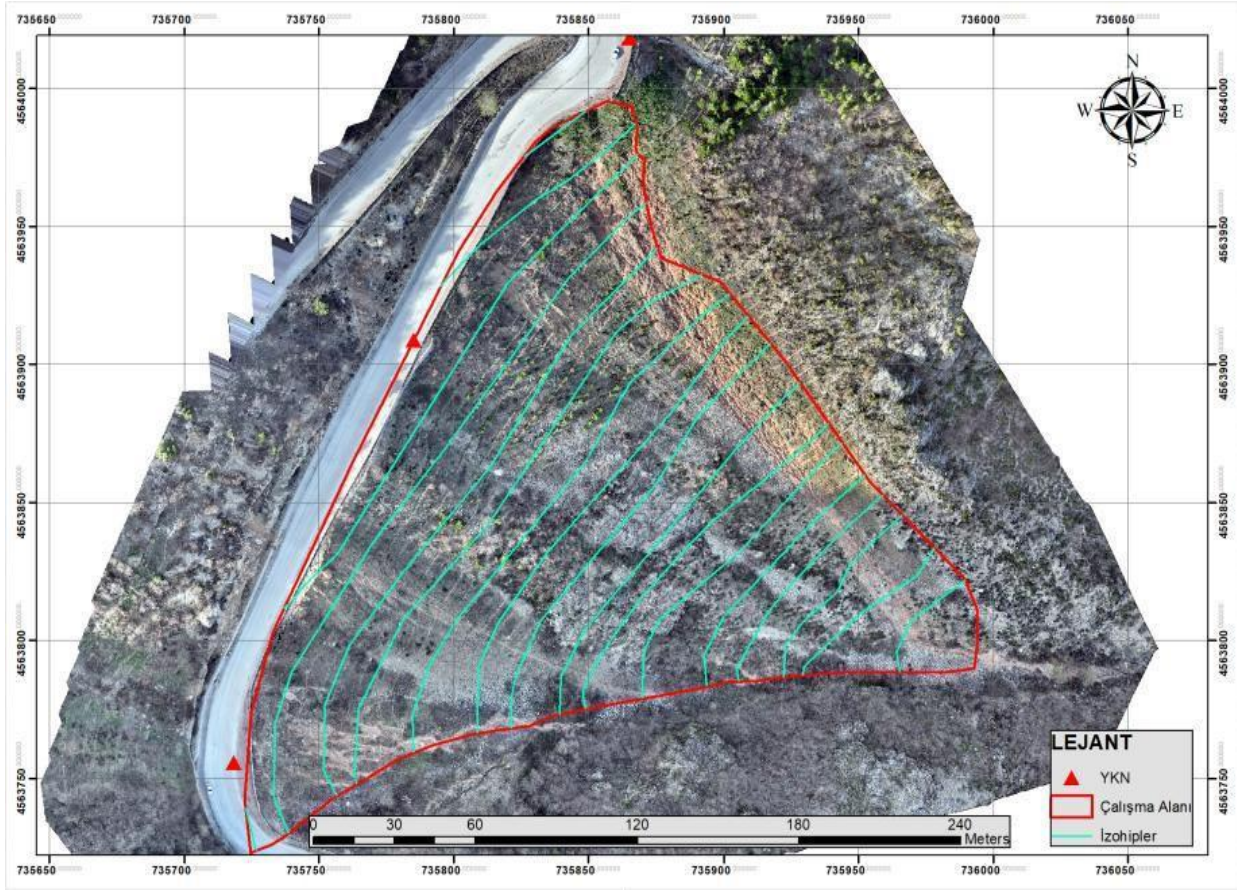
Ağaçlandırılan alanda yersel ölçümler ile elde edilen veriler ile İHA görüntülerinden elde edilen veriler karşılaştırılarak Eşitlik (1) ile İHA etkinlik oranı hesaplanmıştır.

$$\text{Etkinlik oranı} = \frac{\text{İHA görüntü verileri}}{\text{Yersel ölçüm verileri}} * 100 \quad (1)$$

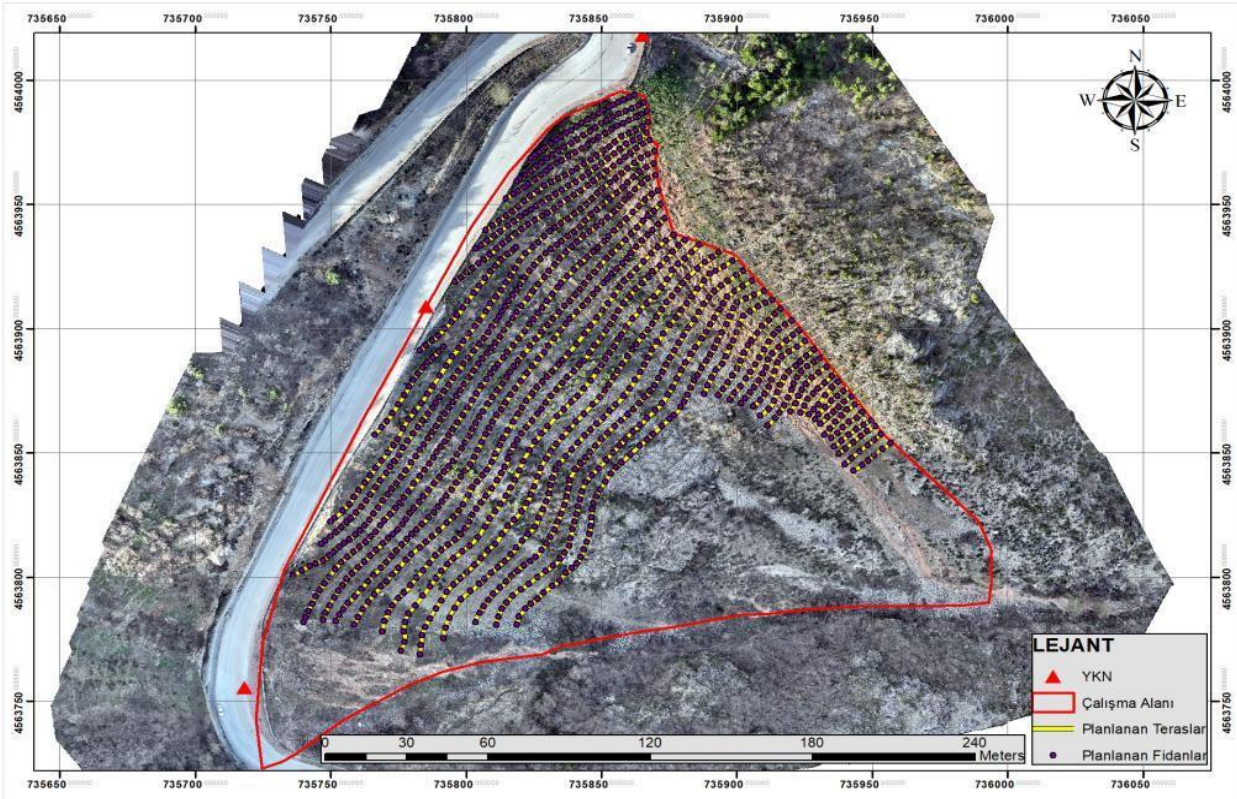
Çalışma alanındaki ağaçlandırma çalışmalarının İHA görüntüleri ile planlanması amacıyla ilk olarak işletme şefliğinin amenajman planına ait veri tabanından tüm şefliğin eşyüksele eğrili haritası alınmıştır. Daha sonra ArcGIS ortamında "intersect" fonksiyonu kullanılarak

çalışmaya konu olan ağaçlandırma sahasına ait parçası kesilmiştir (Şekil 8).

İHA görüntülerinden yararlanarak ağaçlandırma faaliyetlerinin planlanması, Şekil 8'de verilen haritadaki eşyüksele eğrileri referans alınarak 298 Sayılı "Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları Tebliği"nde (OGM 2014) sarıçam ve fıstık çamı için uygun görülen teras ve fidan aralık- mesafeleri baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Bunun için Nisan 2025'te elde edilen İHA görüntüsü üzerinde alanda yersel gözlemlerle teras geçirilmeyecek yerler de dikkate alınarak teras katmanı oluşturulmuş ve terasların uzunlukları eş yüksele eğrilerine paralel olacak şekilde 4-5 m aralıklı olarak belirlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 8. Çalışma alanındaki eşyüksele eğrili haritası ve YKN'ları



Şekil 9. İHA verileri ile planlanan teraslar ve fidanlar

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ağaçlandırılmış sahanın tesis edildiği 2019 yılındaki durumunun ortaya konulması, o yıla ait uydu görüntüleri üzerinde yapılan değerlendirmeler ve ağaçlandırma faaliyeti için hazırlanmış proje dosyalarından yararlanarak gerçekleştirilmiştir. Günümüzdeki (2025 yılındaki) mevcut durum arazide yapılan yersel ölçümler ve çalışma kapsamında çekilen İHA görüntüleri ile değerlendirilmiştir. Fotogrametrik ölçümler ise Nisan 2025 tarihinde çalışma alanında işaretlenen 3 adet YKN

baz alınarak 41.8 m yükseklikten gerçekleştirilen İHA uçuşundan elde edilen 188 adet fotoğraf üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanındaki ağaçlandırma projesinin ilk tesis edildiği 2019 yılındaki ve 2025 yılındaki mevcut teras uzunluk ve fidan sayıları belirlenmiştir. Mevcut duruma ait veriler hem yersel ölçüm hem de İHA görüntülerinden ayrı ayrı elde edilmiş ve bu veriler kullanılarak Eşitlik (1) ile İHA etkinlik oranı hesaplanmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. İlk tesis edildiğinde, mevcutta ve İHA planlamasındaki teras ve fidan durumları

Parametreler	İlk Tesis (2019 yılı)	Mevcut Durum (2025 yılı)		İHA etkinlik Oranı (%)
		Yersel ölçüm verileri	İHA	
Teras uzunluğu (m)	2923	3212	3196	99.5
Fidan sayısı (adet)	1000	247	244	98.8

Çizelge 4'te görüldüğü üzere uydu görüntüleri üzerinde yapılan incelemelerde ağaçlandırma sahasında yapılan ilk uygulamalarda, aralıkları 2 ila 10 m arasında değişiklik gösteren toplam 2923 m uzunluğunda teras yapıldığı belirlenmiştir. Ağaçlandırılan saha için hazırlanmış Artvin Orman İşletme Şefliği proje dosyasında, sahaya ilk olarak 800 adedi sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve 200 adedi fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) olmak üzere toplam 1000 adet ibrelili ağaç fidanının dikildiği belirlenmiştir (OGM 2019). Çalışma kapsamında ağaçlandırma sahasının 2025 yılındaki güncel durumu, alanın tamamı gezilerek alınan yersel ölçümler ve İHA görüntüleri ile belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler neticesinde kurulumundan beri geçen 6 senede 257 m yeni teras inşa edilerek teras uzunluğunun 2923 m'den 3212 m'ye çıktığı belirlenmiştir. Bakım çalışmalarında genel olarak tesis edildiğinde yapılmamış olan alanlara yeni terasların inşa edildiği görülmüştür. Ayrıca ağaçlandırma sahasında yıllar içerisinde değişik nedenlerle oluşan toprak kaymaları sonucunda ilk yıl tesis edilen terasların bir kısmının koptuğu görülmektedir. Alanda dikilen bin adet ibrelili fidanın büyük bölümü toprak kaymaları ve buna bağlı teraslarda oluşan kopmalar nedeniyle akıp gittiği, az bir bölümünün de kurduğu gözlemlenmiştir. Son yapılan değerlendirmelerde 2025 yılında alanda dikilen fidanlardan sadece 247 adedinin kaldığı tespit edilmiştir. Nex ve Remondino (2014) RTK gibi gelişmiş GNSS sistemlerine sahip İHA'ların

fotogrametrik algoritmalarla birleştirilmesi sayesinde milimetre ile santimetre arasında değişen bir konum doğruluğuna ulaşılabildiğini tespit etmişlerdir. Mevcut durum için yapılan yersel ve İHA görüntülerinden elde edilen veriler kullanılarak teras uzunluğu ve fidan sayıları için İHA etkinlik oranları sırasıyla %99.5 ve %98.8 olarak hesaplanmıştır. Bu oranlar ağaçlandırma faaliyetlerinin İHA verileri kullanılarak planlanmasının yüksek doğrulukta sonuçlar verdiğini ve uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Tarım sektöründe ürün biyokütlesinin hesaplanması amacıyla yapılan bir çalışmada İHA kullanılarak yapılan verim analizi %92 doğruluk oranıyla belirlenmiştir (Hunter ve ark. 2014). İHA görüntüleri değerlendirilerek yapılan planlamada ağaçlandırma sahasında 3751 m teras yapılması ve 1181 adet fidan dikilmesinin uygun olacağı planlanmıştır.

Çalışma kapsamında İHA uçuşu için yapılan arazi çalışmaları; 3 YKN'nin işaretlenmesinde yaklaşık 1.0 saat ve İHA uçuşu ile 188 görüntünün alınmasında 0.09 saat olmak üzere toplam 1.09 saatte gerçekleştirilmiştir. Elde edilen İHA görüntülerinin bilgisayar ortamında değerlendirilerek istenilen verilere ulaşılması, yaklaşık 4.0 saatte gerçekleşirken İHA verilerinden yararlanarak ağaçlandırma faaliyetinin planlanması 5.09 saatte gerçekleştirilmiştir. Ağaçlandırma faaliyetinin İHA teknolojisi ile planlanması İHA kullanma sertifikasına sahip 1 değerlendirmeci ile yaklaşık 1 saatte

gerçekleştirilmişken, yersel değerlendirme ve ölçümlerle 4 kişi ile ortalama 2 günde gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Benzer olarak Zhang ve Kovacs (2012)'de açık arazide tarımsal faaliyetlerin arazi kontrollerinin geleneksel yöntemlerle 3 ila 5 günde belirlenirken İHA'larla birkaç saatte yapılabildiğini belirlemişlerdir. Ayrıca Hunt ve ark. (2014) tarım sahalarında gerçekleştirilen ölçümlerde İHA teknolojisinin yersel gözlemlere göre %85 daha hızlı gerçekleştiğini ortaya koymuşlardır.

İHA yöntemi maliyet bakımından değerlendirildiğinde kullanılan DJI Mavic 3 Enterprise İHA'nın satın alım bedeli 4850 \$, YKN'lerin ölçümünde kullanılan Meridian M6 GPS/GNSS aletinin maliyeti 1900 \$ olmak üzere toplam 6750 \$'dır. Ancak satın alınarak demirbaş olacak İHA ve Meridian M6 cihazının uzun seneler çeşitli işlerde kullanılacağı dikkate alınarak kısa sürede kendilerini amorti edecekleri dikkate alınmalıdır. DJI Mavic 3 Enterprise ve Meridian M6 GPS/GNSS cihazının var olduğu durumlarda bu yöntemin maliyeti yoktur. Şöyle ki günümüzde İHA ile gerçekleştirilen ormancılık işleri İHA pilot eğitimi aldırılan Orman Genel Müdürlüğü personeline ya da özel firmalara ihale ile yaptırılmaktadır. Bu durum İHA operatörleri için ekstra bir ödeme yapılması gereksinimini ortadan kaldırmaktadır. Yersel ölçümlerle ağaçlandırma faaliyetlerinin planlanmasının maliyeti; iki gün çalışacak dört işçi ve teknikerin gündelikleri 375 \$, kullanılacak lazermetre, klizimetre gibi el aletleri 1030 \$ olmak üzere toplam 1405 \$'dır. Maliyet bakımından İHA kullanımı, özellikle uzun vadede farkını ortaya koymaktadır.

Yersel ölçümler ve İHA temelli yöntemin karayolu projelendirmesi bakımından karşılaştırılmasında, İHA kullanımının arazinin yapısına (düz, dağlık, dalgalı) göre %30-40 arasında daha ekonomik olduğu görülmüştür (Tercan 2017).

SONUÇLAR

Orman ağaçlandırma faaliyetlerinin yersel ölçümlerle planlanması oldukça riskli, maliyetli, zaman alan ve hassasiyet gerektiren faaliyetlerdir. Bu faaliyetlerin hassas olarak planlanması, ağaçlandırma sırasında yapılacak teras sayısı ve uzunluğu ile dikim aralıklarına göre fidan sayılarının doğru belirlenmesi açısından

önemlidir. Ağaç türlerine göre fidanların dikim zamanlarının ve işin tamamlanma sürelerinin farklılık göstermesi, istenilen zamanda gerekli sayıda fidanların temini için elzemdir. Ayrıca teras inşaatları sırasında ihtiyaç duyulacak iş makinelerinin temini ve fidan dikiminin başlama zamanına kadar tamamlanmasının sağlanması açısından önemlidir.

Çalışma kapsamında ağaçlandırma faaliyetlerinin günümüzde yüksek doğruluk oranında hesaplamalar yapabilen İHA teknolojisi ile çok yüksek bir doğruluk oranıyla gerçekleştirilebildiği belirlenmiştir. Ayrıca İHA teknolojisi ile ağaçlandırma faaliyetlerinin planlanması ile orman işletmelerine ekonomik, verimlilik ve güvenlik açısından önemli faydalar sağladığı tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında geleneksel teknikler kullanılarak 5 kişi ile 2 gün sürede gerçekleştirilen planlama, İHA teknolojisi kullanılarak 1 kişi ile sadece 5 saatte gerçekleştirilebilmektedir. İHA kullanımının arazi temelli çalışmalarda kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmada İHA görüntülerinin alınmasında sağladığı desteklerden dolayı Harita ve Kadastro Yüksek Mühendisi Temel Tahir TURGUT'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Álvares JS, Costa DB, Melo RRS (2018) Exploratory study of using unmanned aerial system imagery for construction site 3D mapping. *Constr. Innov.* 18: 301–320. <https://doi.org/10.1108/Ci-05-2017-0049>
- Chen X, Hopkins B, Wang, H, O'Neill L, Afghah F, Razi A, Fule P, Coen J, Rowell E, Watts A (2022) Wildland fire detection and monitoring using a drone-collected RGB/IR image dataset. *IEEE Access* 10, 121301-121317.
- Cromwell C, Giampaolo J, Hupy J, Miller Z, Chandrasekaran A (2021) A systematic review of best practices for UAS data collection in forestry-related applications. *Forests*, 12:957. <https://doi.org/10.3390/f12070957>
- Çalışkan TB (2020) Professional perceptions of using unmanned aerial vehicles (UAV) in logistics sector: a research on some vocational groups and drone pilots. Master Thesis Akdeniz University, Antalya.
- Dainelli R, Toscano P, Di Gennaro SF, Matese A (2021) Recent advances in unmanned aerial vehicle forest remote sensing-a systematic review part I: a general framework. *Forests*, 12: 327. <https://doi.org/10.3390/f12030327>
- Dawei Z, Lizhuang Q, Demin Z, Baohui Z, Lianglin G (2020) Unmanned aerial vehicle (UaV) photogrammetry technology for dynamic mining subsidence monitoring and parameter inversion: a case study in China. *IEEE Access*, 8, 16372-16386.

- De Vivo F, Battipede M, Johnson E (2021) Infra-red line camera data-driven edge detector in UAV forest fire monitoring. *Aerosp Sci Technol*, 111: 106574. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2021.106574>
- Ecke S, Dempewolf J, Frey J, Schwaller A, Endres E, Klemmt H-J, Tiede D, Seifert T (2022) UAV- based forest health monitoring: a systematic review. *Remote Sens*, 14:3205. <https://doi.org/10.3390/rs14133205>
- Eker R, Aydın A, Hübl J (2018) Unmanned aerial vehicle (UAV)-based monitoring of a landslide: gallenzerkogel landslide (Ybbs-Lower Austria) case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190:1- 28. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6402-8>
- Golizadeh H, Hosseini MR, Edwards D, Abrishami S, Taghavi N, Banihashemi S (2019) Barriers to adoption of RPAs on construction projects: a task–technology fit perspective. *Construction Innovation: Information, Process, Management*, 19 (2):149-169. <https://doi.org/10.1108/CI-09-2018-0074>
- Hasegawa H, Sujaswara AA, Kanemoto T, Tsubota K (2023) Possibilities of using UAV for estimating earthwork volumes during process of repairing a small-scale forest road, case study from Kyoto prefecture, Japan. *Forests*, 14 (4):677. <https://doi.org/10.3390/f14040677>
- Hunt ER, Cavigelli M, Daughtry CST, McMurtrey JE, Walthall CL (2014) Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing of crop biomass and nitrogen status. *Precision Agriculture*, 15: 597–615. <https://doi.org/10.1007/s11119-014-9363-3>
- lost Filho FH, Heldens WB, Kong Z, de Lange ES (2020) Drones: innovative technology for use in precision pest management. *J Econ Entomol*, 113 (1):1–25. <https://doi.org/10.1093/jee/toz268>
- Iqbal MH, Iqbal MJ, Saleem T (2025) Road layer detection and volume calculation using UAV technologies and artificial intelligence. *Eng. Res. Express*, 7: 015111. <https://doi.org/10.1088/2631-8695/adaca9>
- Kaya Y, Polat N, Şenol Hİ, Memduhoğlu A, Ulukavak M (2021) Using terrestrial and UAV photogrammetry in documentation of archaeological artifact. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3(1):9-14. <https://doi.org/10.53030/tufod.899089>
- Kim YH, Shin SS, Lee HK, Park ES (2022) Field applicability of earthwork volume calculations using unmanned aerial vehicle. *Sustainability*, 14: 9331. <https://doi.org/10.3390/su14159331>
- Koontz MJ, Scholl VM, Spiers AI, Cattau ME, Adler J, McGlinchy J, Goulden T, Melbourne BA, Balch JK (2022) Democratizing macroecology: integrating unoccupied aerial systems with the National Ecological Observatory Network. *Ecosphere*, 13: e4206. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4206>
- Krause DJ, Hinkle JT, Goebel ME, Perryman WL (2021) Drones minimize antarctic predator responses relative to ground survey methods: an appeal for context in policy advice. *Frontiers in Marine Science*, 8: 152. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.648772>
- Lee K, Lee WH (2022) Earth work volume calculation, 3D model generation and comparative evaluation using vertical and high oblique images acquired by unmanned aerial vehicles. *Aerospace*, 9: 606. <https://doi.org/10.3390/aerospace9100606>
- Li M, Zhen L, Wang S, Lv W, Qu X (2018) Unmanned aerial vehicle scheduling problem for traffic monitoring. *Comput. Ind. Eng*, 122: 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.05.039>
- Ma Y, Wu X, Yu G, Xu Y, Wang Y (2016) Pedestrian detection and tracking from low-resolution unmanned aerial vehicle thermal imagery. *Sensors*, 16(4):446. <https://doi.org/10.3390/s16040446>
- Martel V, Johns RC, Jochems-Tanguay L, Jean F, Maltais A, Trudeau S, St-Onge M, Cormier D, Smith SM, Boisclair J (2021) The use of UAS to release the egg *Parasitoid Trichogramma* spp. (Hymenoptera: trichogrammatidae) against an agricultural and a forest pest in Canada. *J Econom Entomol*, 114 (5):1867–1881. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa325>
- McClelland II MP, Hale DS, Aardt J Van (2018) A comparison of manned and unmanned aerial Lidar systems in the context of sustainable forest management. *Autonomous Air and Ground Sensing Systems for Agricultural Optimization and Phenotyping III*. Presented at the Autonomous Air and Ground Sensing Systems for Agricultural Optimization and Phenotyping III, International Society for Optics and Photonics, p. 106640S.
- Mokroš M, Výboštok J, Merganič J, Hollaus M, Barton I, Koreň M, Tomaščík J, Čerňava J (2017) Early stage forest windthrow estimation based on unmanned aircraft system imagery. *Forests*, 8 (9):306. <https://doi.org/10.3390/f8090306>
- Nex F, Remondino F (2014) UAV for 3D mapping applications: a review. *Applied Geomatics*, 6(1): 1–15. <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>
- OGM (2014) Silvikültürel Uygulamaların Teknik Esasları Tebliği. Tebliğ No: 298, Ankara, Türkiye.
- OGM (2019) İş Planı Dosyası. Artvin Orman İşletme Şefliği, Artvin, Türkiye.
- Olsoy PJ, Shipley LA, Rachlow JL, Forbey JS, Glenn NF, Burgess MA, Thornton DH (2018) Unmanned aerial systems measure structural habitat features for wildlife across multiple scales. *Methods Ecol Evol*, 9 (3):594–604. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12919>
- Özkan M (2024) Spectral index-based crop analyses. Masters's Thesis, Harran University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Şanlıurfa.
- Park K, Ewing R (2017) The usability of unmanned aerial vehicles (UAVs) for measuring park- based physical activity. *Landscape and Urban Planning*, 167: 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.06.010>
- Park K, Ewing R (2018) The usability of unmanned aerial vehicles (UAVS) for pedestrian observation. *J. Plan. Educ. Res*, 42: 206–217. <https://doi.org/10.1177/0739456X18805154>
- Potente E, Cagnazzo C, Voett A, Deodat A, Mastronuzzi G (2021) UAV-UGV imagery for disaster scenario mapping: aerial-terrestrial data fusion and comparison. *Rendiconti Online Soc Geol Ital*, 55:10–19. <https://doi.org/10.3301/ROL.2021.10>
- Ren H, Xiao W, Zhao Y, Hu Z (2020) Land damage assessment using maize above ground biomass estimated from unmanned aerial vehicle in high ground water level regions affected by underground coal mining. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (17):21666-21679. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08695-3>
- Sarabia R, Aquino A, Ponce JM, López G, Andújar JM (2020) Automated identification of crop tree crowns from uav multispectral imagery by means of morphological image analysis. *Remote Sens*. 12:748. <https://doi.org/10.3390/rs12050748>
- Schiefer F, Kattenborn T, Frick A, Frey J, Schall P, Koch B, Schmidlein S (2020) Mapping forest tree species in high resolution UAV-based RGB-imagery by means of convolutional neural networks. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 170:205–215. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.10.015>
- Shakhatreh H, Sawalmeh AH, Al-Fuqaha A, Dou Z, Almaita E, Khalil I, Othman NS, Khreishah A, Guizani M (2019) Unmanned aerial vehicles (UAVs): a survey on civil applications and key research challenges. *IEEE Access*, 7, 48572-48634. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2909530>
- Sucu MS (2019) Unmanned aerial vehicle (UAV) data documentation of cultural heritage availability: one thousand churches. Master's Thesis, Aksaray University Graduate School of Natural and Applied Sciences.
- Talbot B, Rahlf J, Astrup R (2018) An operational UAV based approach for stand-level assessment of soil disturbance after forest harvesting. *Scand J Forest Res*, 33 (4):387-396. <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1418421>

- Tercan E (2017) Karayolu projelerinde insansız hava aracı ile üretilen sayısal arazi modelinin değerlendirilmesi: Bucak-Kocaaliler Yolu Örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8 (2):172-183.
- Tomljanović K, Nosek H, Pernar R, Grubešić M (2018) Mogućnosti primjene lakih bespilotnih letjelica u prebrojavanju krupne divljači. *Šumarski List*, 142 (11-12):621-626. <https://doi.org/10.31298/sl.142.11-12.6>
- Türk Y, Canyurt H (2024) Capabilities of using UAVs to determine forest road excavation volumes in mountainous areas. *Šumarski List*, 3-4:139-152. <https://doi.org/10.31298/sl.148.3-4.3>
- Ulukavak M, Memduhoğlu A, Şenol Hİ, Polat N (2019) The Use of UAV and photogrammetry in digital documentation. *Mersin Photogrammetry Journal*, 1(1):17-22.
- Ulvi A, Yiğit AY (2020) 3D Study of modelling and animation of Kayseri Güllük Mosque. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2 (2):33-37.
- Ulvi A, Yakar M, Yiğit AY, Kaya Y (2020) İHA ve yersel fotogrametrik teknikler kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 boyutlu nokta bulutu ve modelinin üretilmesi. *Geomatik Dergisi*, 5 (1):19-26. <https://doi.org/10.29128/geomatik.560179>
- Ünver S, Yücesan Z (2024) Effects of Afforestation Activities in Forestry on Carbon Economy. Chapter 2: International Studies and Evaluations in The Field of Forestry and Forest Engineering. Serüven Publishing, 13-31, ISBN: 978-625-5955-95-1.
- Verykokou S, Ioannidis C, Athanasiou G, Doulamis N, Amditis A (2018) 3D reconstruction of disaster scenes for urban search and rescue. *Multimed. Tools Appl.*, 77:9691-9717. <https://doi.org/10.1007/s11042-017-5450-y>
- Videras Rodríguez M, Melgar SG, Cordero AS, Márquez JMA (2021) A critical review of unmanned aerial vehicles (UAVs) use in architecture and urbanism: scientometric and bibliometric analysis. *Appl. Sci.*, 11:9966. <https://doi.org/10.3390/app11219966>
- Zhang C, Kovacs JM (2012) The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 13(6):693-712. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>.

Kent Kimliği Kavramının Kevin Lynch Yaklaşımıyla İncelenmesi: Siirt Kenti Örneği

Examining The Concept of Urban Identity Through Kevin Lynch's Approach: The Case of Siirt

Esra BAYAZIT *¹ 

¹Siirt Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Siirt

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1679687](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1679687)

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Esra BAYAZIT

e-mail: esra.bayazit@siirt.edu.tr

Geliş tarihi / Received

19.04.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

11.07.2025

Kabul tarihi / Accepted

11.07.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Kent imgesi

Kentsel bellek

Mekânsal analiz

Peyzaj mimarlığı

Yerel kimlik

Keywords:

Urban image

Urban memory

Spatial analysis

Landscape architecture

Local identity

Özet

Bu çalışma, Kevin Lynch'in kent imgesi kuramı çerçevesinde Siirt kentinin kimliğini oluşturan temel öğeleri analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada Lynch'in önerdiği beş temel kavram olan yollar, sınırlar, bölgeler, odak noktaları ve işaret öğeleri üzerinden kentin mekânsal belleği çözümlenmiştir. Nitel araştırma yöntemi benimsenmiş ve literatür taramasının yanı sıra gözlem, yerel kaynaklardan veri derleme ve görsel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bulgular, Güres Caddesi, Cumhuriyet Meydanı, Siirt Ulu Camii, Botan Vadisi ve Tillo'daki ışık hadisesi gibi mekânsal unsurların kentin sosyal, kültürel ve tarihsel kimliğini simgelediğini ortaya koymaktadır. Siirt'in tarihsel dokusu, geleneksel mimarisi ve doğal sınırları ile şekillenen kent kimliği, son yıllarda modernleşme süreçleri ile dönüşüme uğramıştır. Ancak yerel kimliğe ait öğelerin hâlen güçlü bir biçimde kent hafızasında yer aldığı görülmektedir. Bu bağlamda çalışma, kent planlaması, koruma ve kimlik odaklı tasarım yaklaşımları açısından önemli bir zemin sunmaktadır.

Abstract

This study aims to analyse the essential elements that constitute the identity of Siirt city within the framework of Kevin Lynch's urban image theory. In the study, the spatial memory of the city is analysed through the five fundamental concepts proposed by Lynch: roads, borders, regions, focal points, and sign elements. A qualitative research method was adopted, and in addition to a literature review, observation, data collection from local sources, and visual analysis methods were used. The findings reveal that spatial elements, such as Güres Street, Cumhuriyet Square, Siirt Grand Mosque, Botan Valley, and the light event in Tillo, symbolize the city's social, cultural, and historical identity. Siirt's urban identity, shaped by its historical texture, traditional architecture, and natural boundaries, has recently transformed due to modernization. However, the elements of local identity remain strongly present in urban memory. The study provides a crucial foundation for urban planning, conservation, and identity-oriented design approaches in this context.

GİRİŞ

Kentler, yalnızca yapılarla şekillenen fiziksel varlıklar değil; aynı zamanda bireylerin belleğinde yer eden, anlamlar yüklenen ve kimlik kazanan sosyal mekânlardır. Her birey, bir kentle kurduğu ilişkinin sonucu olarak zihninde o kente dair bir izlenim oluşturmaktadır. Bu izlenim, kentsel imge kavramıyla açıklanmaktadır (Rossi 2006, Latypova ve ark. 2021, Liang ve ark. 2023).

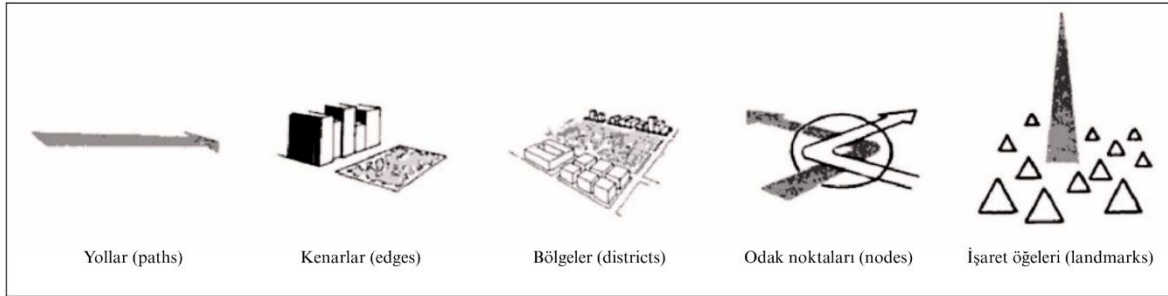
Kentsel imge, bir bireyin yaşadığı ya da gözlemlediği kente dair duysal izlenimlerinin zihninde oluşturduğu bütüncül algıyı ifade eder ve kent kimliğinin temel belirleyicilerindedir (Lynch 1960). Kimlik kavramı ise yalnızca bireylere özgü bir durum değil; kentler, toplumlar, kurumlar ve diğer toplumsal yapılar için de geçerlidir. Lynch'e (1960)

göre kimlik; bir nesnenin diğerlerinden ayırt edilebilmesini sağlayan özgünlük durumudur. Bu bağlamda kent kimliği, bir kenti diğerlerinden farklılaştıran, ona özgünlük kazandıran ve zamanla toplumsal bellekte yer edinen öğelerin bütünüdür (Mansour ve ark. 2023, Zhang ve ark. 2024).

Kent kimliği, bir kenti diğerlerinden ayıran, o yere özgü doğal, kültürel ve tarihsel özelliklerin bileşiminden oluşan özgün bir yapıdır. Kentin tarihi gelişimi, coğrafi yapısı, mimarisi, kültürel birikimi ve sosyo-ekonomik profili bu kimliğin oluşumunda etkili olmaktadır (Lalli 1992, Önem ve Kılınçarslan 2005, Umar ve ark. 2024). Kimlik, planlanarak oluşturulan bir olgu olmaktan çok, tarihsel, kültürel ve mekânsal süreçlerin sürekliliği içinde doğal biçimde oluşan bir yapıdır (Kushneruk ve Kurochkina 2022).

Kentlerin algılanabilirliği, kimliğinin hem bireysel hem de toplumsal düzlemde inşasında önemli bir yer tutar. Bu bağlamda, Kevin Lynch (1960), bireylerin şehirleri nasıl gördükleri, algıladıkları ve hatırladıkları üzerine yaptığı "The Image of the City" adlı çalışmasında, kent imgesinin beş temel öge etrafında şekillendiğini ileri sürmüştür: yollar (paths), kenarlar (edges), bölgeler (districts), odak noktaları (nodes) ve işaret öğeleri (landmarks). Bu öğeler, bireylerin kenti anlamlandırmasını ve zihinsel haritalar oluş-

turmasını sağlamaktadır (Şekil 1). Lynch'e göre, bu öğelerin belirgin, bütünleşik ve anlamlı bir yapıya sahip olduğu kentler, daha güçlü bir kimlik duygusu yaratır ve bireylerde aidiyet hissini pekiştirmektedir. Kent imgeleri kuramı, kent planlaması, peyzaj mimarlığı ve mimarlık gibi disiplinlerde mekânsal bellek, kimlik ve estetik algıların birleştirilmesi için temel bir analiz aracı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 1. Lynch'in kentsel imge öğeleri (Lynch 1960'tan değiştirilerek)

Yollar, bireylerin kent içinde hareket ettikleri ve sıklıkla deneyimledikleri ulaşım akslarıdır; bu nedenle kent deneyiminin omurgasını oluştururlar (Lynch 1960). Kenarlar, iki bölgeyi birbirinden ayıran algısal ya da fiziksel sınırlardır. Bölgeler, bireylerin içine girip çıktıklarını duyumsadıkları, ortak özellikler taşıyan geniş alanlardır. Düğüm noktaları, yolların kesiştiği, hareketin ve etkileşimin yoğunlaştığı merkezlerdir. İşaret öğeleri ise, bireylerin kenti zihinsel olarak haritalandırmalarına yardımcı olan, sembolik anlam taşıyan, kolayca tanınabilir yapılardır (Oktay 2002, Filomena ve ark. 2019, Thwaites ve ark. 2020). Lynch'in (1960), öne sürdüğü kentsel kimliği anlamada ve sürekliliğini değerlendirmede yol gösterici bu kuramsal çerçeve, Siirt kenti özelinde mekânsal bellek ile fiziksel çevrenin nasıl bütünleştiğini analiz etmek için önemli bir araç sunmaktadır. Siirt, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, tarihî katmanları, geleneksel mimarisi, doğal sınırları ve inanç temelli kültürel peyzajı ile kendine özgü bir kent kimliğine sahiptir. Kentin doğal çevresi, özellikle Botan Vadisi ve Güneydoğu Toroslar gibi coğrafi bariyerlerle sınırlandırılmış; bu durum, mekânsal gelişim yönünü belirlemiş ve kentleşme dinamiklerini biçimlendirmiştir (Özgen ve Karadoğan 2009, DİKA 2014). Diğer yandan, Siirt'in tarihî çarşıları, cas evleri, dini yapıları ve kamusal alanları,

bireylerin mekânla kurduğu ilişkileri besleyerek kent belleğinin sürekliliğini sağlamaktadır (Koday ve ark. 2017, Yılmaz Çıldam 2019, Demir 2023).

Bu bağlamda kent imgesi öğeleri analiz etmek için önemli bir araç sunmaktadır: Yolların yön bulmadaki rolü, kenarların mekânsal ayrıştırmadaki işlevi, bölgelerin sosyal yapıyı temsil etmesi, düğüm noktalarının kentsel etkileşimi yoğunlaştırması ve işaret öğelerinin simgesel anlam üretmesi, Siirt'in kent kimliği açısından belirleyici olmaktadır. Özellikle Güres Caddesi gibi modernleşmenin simgesi olan mekânlar ile Ulu Cami ve Tillo'daki ışık hadisesi gibi tarihî ve kültürel değerler, kentsel kimliğin hem fiziksel hem de simgesel katmanlarını ortaya koymaktadır (Lynch 1960, Parlak ve ark. 2013, Ege 2019).

Bu çalışmanın amacı, Kevin Lynch'in kent imgesi kuramını kullanarak Siirt kentinin kimlik unsurlarını analiz etmek; kent mekânında öne çıkan yapısal, doğal ve kültürel öğelerin kullanıcılar nezdinde nasıl anlam kazandığını değerlendirmektir. Böylece çalışmada, Lynch'in kavramsal modeli üzerinden bir Anadolu kentinin belleksel ve simgesel katmanlarının kent kimliğine nasıl dönüştüğü ortaya konulmuştur. Gerek literatürde gerekse yerel belgelerde yer

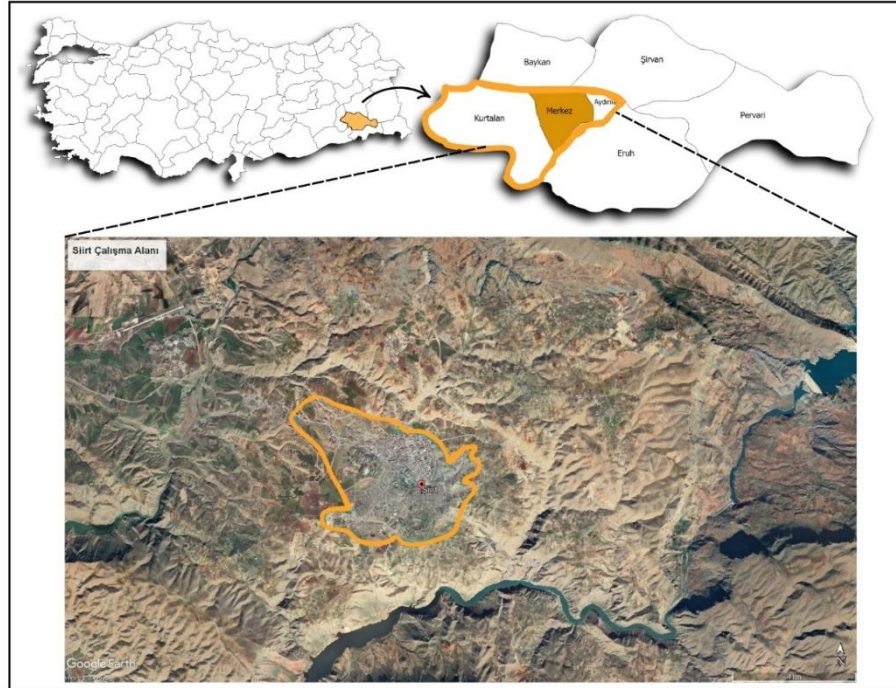
alan tarihî, sosyal ve mimari unsurlar; kentin imgesinin inşasında belirleyici ögeler olarak ele alınmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, Kevin Lynch'in kent imgesi kuramı çerçevesinde, Siirt kentinin kimliğini oluşturan mekânsal bileşenleri analiz etmeye yönelik olarak tasarlanmıştır. Araştırma kapsamında nitel araştırma yöntemi benimsenmiş; yerel literatür taraması, görsel materyal incelemesi, kent alanında yapılan yerinde gözlemler ve harita destekli analiz teknikleri kullanılmıştır. Bu yöntem hem fiziksel çevre ve yerlerinin hem de kent kimliğine yönelik soyut değerlerin bütüncül değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Materyal

Çalışma alanı olan Siirt kenti, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Dicle Bölümü'nde yer alan ve Mezopotamya ile Anadolu uygarlıkları arasında doğal bir sınır oluşturan Güneydoğu Toroslar'ın kenar kıvrımları üzerinde yer almakta olup 37°55' kuzey enlemleri ile 41°57' doğu boylamları arasında konumlanmıştır (Siirt İl Yıllığı 1998). Yaklaşık 5.406 km² yüzölçümüne sahip Siirt kenti, Batman, Bitlis, Van, Şırnak ve Mardin illeriyle çevrilidir ve topoğrafik olarak büyük oranda dağlık bir yapıya sahiptir. Genellikle dağlık ve engebelidir; %75'i dağlık, %22'si plato, %3'ü ise ova karakterindedir (DİKA 2014). Botan ve Kezer çayları ile sınırlanan kent, doğal bariyerlerin etkisiyle tarihsel gelişimini batıya doğru yönlendirmiştir. Siirt'in bu fizyografik özellikleri, çalışmada ele alınan sınır/kenar (edge) öğesinin analizine temel oluşturmuştur. Kentin yer şekilleri, iklim koşulları, tarihsel gelişimi ve doğal çevresi kentsel kimliğin oluşumunda belirleyici rol oynamaktadır (Şekil 2).



Şekil 2.Siirt çalışma alanı (Merkez, Kurtalan ve Tillo ilçeleri)

Yöntem

Araştırma, Kevin Lynch'in "The Image of the City" (1960) adlı eserinde geliştirdiği kent imgesi yaklaşımını temel almaktadır. Bu çerçevede kentin algısal yapısını belirleyen

beş temel öge; yollar (paths), kenarlar (edges), bölgeler (districts), odak noktaları (nodes) ve işaret öğeleri (landmarks) üzerinden Siirt kenti değerlendirilmiştir (Çizelge 1).

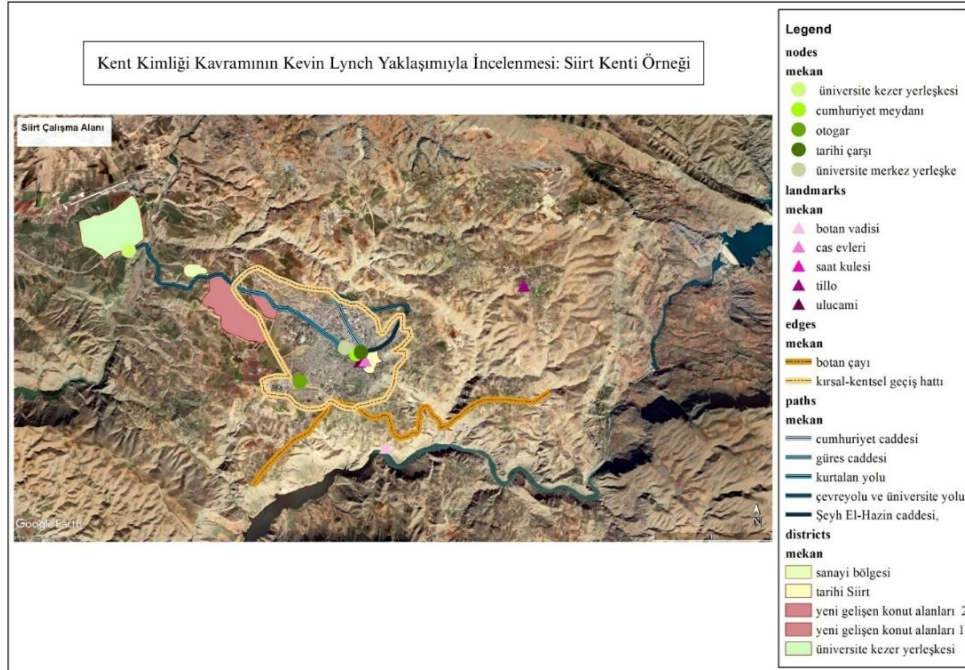
Çizelge 1. Siirt kentinde Kevin Lynch'in kent imgesi öğeleri

Kent imgesi öğesi	Siirt kenti kimlik ve imge öğeleri
Yollar (Paths)	Güres Caddesi, Cumhuriyet Caddesi, Şeyh El-Hazin Caddesi, Akabe yolu, Kurtalan demiryolu, Çevreyolu ve Üniversite yolu
Kenarlar (Edges)	Botan Çayı, Kezer Vadisi, kırsal-kentsel geçiş hattı
Bölgeler (Districts)	Tarihî Siirt bölgesi, Siirt üniversitesi kampüsü, Yeni gelişen konut alanları, Sanayi bölgesi
Odak Noktaları (Nodes)	Cumhuriyet Meydanı, Tarihî Çarşı, Otogar, Üniversite kampüsleri
İşaret Öğeleri (Landmarks)	Ulu Cami, Saat Kulesi, Botan Vadisi ve Botan Çayı, Tillo Işık Hadisesi, Cas Evler

Veriler, Siirt kent merkezinde yürütülen saha gözlemleri, literatürde yer alan akademik yayınlar, yerel yönetim raporları ve mekânsal analiz haritalarından elde edilmiştir. Çalışmada ayrıca araştırma bulgularını desteklemek amacıyla, kent imgelerine ait kimlik mekanları ArcGIS yazılımında Google Earth uydu görüntüsü (26 Ekim 2024 tarihli veri) üzerinden şematik gösterimler uydu görüntüsüne işlenmiştir. Bu şematik gösterim, kent imgelerini temsil eden başlıca fiziksel ve kültürel öğelerin mekân içindeki dağılımını görsel olarak ortaya koymaktadır. Harita üzerinde yer alan semboller aracılığıyla Lynch'in beş imge bileşeni sınıflandırılmış ve yorumlanmıştır.

BULGULAR

Bu çalışmada, Siirt kent kimliği Kevin Lynch'in kent imgesi kuramına dayalı beş temel öge çerçevesinde analiz edilmiştir. Kentin fiziksel, tarihî, kültürel ve sosyal yapısı göz önüne alınarak elde edilen bulgular, Siirt'in mekânsal hafızasının nasıl şekillendiğini ve bu hafızanın kent kimliğini nasıl etkilediğini ortaya koymaktadır. Kevin Lynch'in kent imgesi kuramına göre, Siirt kentinin kimlik öğelerini beş başlık altında şu şekilde toplanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Lynch'in kent imgesi öğelerine göre Siirt'in şematik mekânsal dağılımı

Lynch'in bu beş temel kentsel imge ögesi kapsamında yapılan analizler, aşağıda yer alan Çizelge 2 ile özetlenmiştir.

Bu çizelge, çalışmanın devamında detaylandırılan bulguların sistematik bir özetini sunmaktadır.

Çizelge 2. Siirt Kenti İçin Kevin Lynch'in Kent İmgesi Ögelerine Göre Kimlik Unsurları

Kent İmgesi Ögesi	Siirt Kenti Örnekleri	Açıklama
Yollar (Paths)	Güres Caddesi, Cumhuriyet Caddesi, Şeyh El-Hazin Caddesi, Akabe Yolu, Kurtalan Demiryolu, Çevreyolu, Üniversite Yolu	Kentin fiziksel ve sosyal omurgasını oluşturur. Güres Caddesi sosyal etkileşimin yoğunlaştığı yaya aksıdır. Akabe Yolu tarihî bir geçittir. Üniversite Yolu modern gelişimi yansıtır.
Kenarlar (Edges)	Botan Vadisi, Botan Çayı, Kezer Vadisi, kırsal-kentsel geçiş hattı	Doğal vadiler ve çaylar kentin fiziksel sınırlarını oluşturur. Aynı zamanda gelişim yönünü belirleyen coğrafi engellerdir.
Bölgeler (Districts)	Tarihî Siirt Bölgesi, Siirt Üniversitesi Kampüsü, Kızlar Tepesi çevresi, Kezer TOKİ, Sanayi Bölgesi	Tarihî bölgeler geleneksel mimariyi yansıtırken, üniversite ve TOKİ gibi alanlar modernleşmenin göstergesidir. Sosyo-kültürel çeşitlilik bu bölgelere yansımaktadır.
Odak Noktaları (Nodes)	Cumhuriyet Meydanı, 15 Temmuz Meydanı, Tarihî Çarşılar, Otogar, Siirt Üniversitesi	Kentsel hareketin ve sosyal etkileşimin yoğunlaştığı merkezlerdir. Meydanlar tören alanları; çarşılar sosyal ve ekonomik buluşma noktalarıdır.
İşaret Ögeleri (Landmarks)	Ulu Cami, Saat Kulesi, Tillo Işık Hadisesi, Cas Evler, Botan Vadisi, Deliklitaş, Taşbaşı Mağaraları	Kolayca tanınabilen, sembolik ve kültürel değeri yüksek mekânlardır. Kent hafızasında önemli yer tutar. Tillo'daki astronomik ışık hadisesi ulusal düzeyde bir simgedir.

Yollar (Paths): Hareketin ve Bağlantının Unsurları

Kevin Lynch'e (1960) göre yollar, bireylerin kent içinde hareket ederken en sık kullandıkları, yön bulmalarını sağlayan ve kentsel çevreyi algılamalarına yardımcı olan temel öğelerdir. Sokaklar, yaya yolları, toplu taşıma güzergâhları, demiryolları ve benzeri geçiş alanları, bireylerin kenti deneyimleme biçimlerini doğrudan etkilemektedir. Günlük yaşamda tekrar eden rotalar aracılığıyla bireyler, sadece fiziksel mekânda ilerlemekle kalmaz, aynı zamanda kentin yapısını, karakterini ve kimliğini de gözlemler. Bu süreçte yollar, bireylerin kente dair zihinsel imgeler geliştirmesinde ve kent kimliğini tanımasında güçlü bir araç hâline gelmektedir. Dolayısıyla yollar, yalnızca ulaşımı sağlayan fiziksel elemanlar değil, aynı zamanda kent kimliğinin oluşumuna katkıda bulunan dinamik unsurlardır (Lynch 1960). Siirt kenti bu bağlamda, tarihsel süreçte gelişen ulaşım aksları ve önemli yollarıyla kendine özgü bir mekânsal kimlik oluşturmaktadır.

Güres Caddesi

Siirt'in en karakteristik ve simgesel yollarından biridir. Kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan ve yaklaşık 2.236 metre uzunluğundaki bu cadde, Şeyh Aziz Caddesi'nden başlayarak İbrahim Hakkı Caddesi'ne kadar yayalaştırılmış, devamında ise taşıt trafiğine açık olarak çevre yoluna bağlanmaktadır (Gündüz Gezer 2022). 1970'li yılların sonunda imara açılan cadde, zamanla kentin sosyal, ekonomik ve kültürel yaşamının merkezi hâline

gelmiştir (Özgen ve Karadoğan 2009). 2006 yılında yayalaştırılan bölümü, Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan proje uygulanmış ve böylece cadde, sosyal etkileşimin yoğunlaştığı bir kamusal alan kimliği kazanmıştır (Gündüz Gezer 2022). Günümüzde cadde, kentin ana yaya yolu olmakla birlikte, alışveriş, dinlenme, sosyalleşme ve buluşma gibi pek çok işlevi bir arada barındırmaktadır. Güres Caddesi, kentsel gelişim yönünü belirleyen ve kent merkezini tanımlayan önemli bir aks hâline gelmiştir (Derin 2021, Demir 2023).

Güres Caddesi üzerinde yer alan kafeler, restoranlar, sağlık ve eğitim kurumları ile ticari işletmeler; farklı sosyo-ekonomik grupların bir araya gelmesine imkân tanımakta ve çok kültürlü kentsel yapıyı yansıtmaktadır (Tan ve Bayezit 2023, Gündüz Gezer 2022). Cadde, tarihsel merkezde yer almasına rağmen modernleşmeyle birlikte yeni Siirt'in mekânsal yapısını da biçimlendirmiştir. Siirt Üniversitesi'nin merkeze yakın konumu, caddenin gelişimini doğrudan etkilemiş, özellikle genç nüfusun yoğunlaştığı dinamik bir sosyal alan oluşturmuştur. Bu bağlamda Güres Caddesi hem yerel değerleri koruyan hem de modern kent anlayışına geçişi simgeleyen bir kent imgesi olarak öne çıkmaktadır (Şekil 4A).

Cumhuriyet ve Şeyh El-Hazin Caddesi

Cumhuriyet ve Şeyh El-Hazin Caddeleri, geleneksel ticaretin yapıldığı tarihî omurgalar olarak kent belleğinde güçlü bir yer tutmaktadır.

Siirt'in erken dönem kentleşme sürecinde en yoğun kullanılan güzergâhlardan biri olmuş ve uzun süre boyunca şehrin ticaret aksını oluşturmuştur (Özgen ve Karadoğan 2009). 1950'li yıllara kadar cadde çevresinde atölyeler, giyim ve gıda dükkânları gibi ticari işlevler yoğunlaşmıştır (Tan ve Bayezit 2023). Şehrin merkezindeki konumuyla birlikte hem fiziksel hem de işlevsel bir odak noktası olan bu cadde, kent sakinlerinin hafızasında güçlü bir yere sahiptir (Özgen ve Karadoğan 2009). Bugün de geleneksel çarşılar ve tarihi sokaklarla ilişkili olması, Cumhuriyet Caddesi'ni kentsel kimliğin önemli bir taşıyıcısı haline getirmektedir.

Cumhuriyet Caddesi ile bağlantılı Şeyh El-Hazin Caddesi, geleneksel çarşıların ve tarihi bölgenin ana aksıdır. Bu cadde, Heykel Bulvarı'nın doğusunda yer almakta ve yoğun araç-yaya trafiği ile dikkat çekmektedir. Geleneksel doku içerisinde dar ve sıkışık sokaklarla kesilen bu güzergâh hem fiziksel hem de işlevsel olarak kentin özgün karakterini yansıtmaktadır (Alkan ve ark. 2024). Belediye binası, bankalar ve kamu hizmet binaları gibi yapılarla çevrili olan Heykel Bulvarı da kentsel yaşamın yoğunlaştığı noktalardan biridir (Şekil 4B).



Şekil 4. A: Güres Caddesi (Anonim 2022) B: Şeyh El-Hazin Caddesi görünümü (Anonim 2020)

Çevreyolu ve Üniversite Yolu

Çevreyolu ve Üniversite Yolu gibi arterler modern kentsel genişlemenin yönünü belirleyerek, Lynch'in "yollar" kavramı üzerinden kentin yönsel organizasyonunun nasıl değiştiğini göstermektedir.

Siirt'in ulaşım altyapısında çevreyolu, kent içi trafiğin düzenlenmesinde stratejik bir işleve sahiptir. Güney, batı ve kuzey yönlerinde şehri çevreleyen bu arter, merkezin transit trafik yükünü azaltmakta ve kent merkezini rahatlatmaktadır (Alkan ve ark. 2024). Çevreyolunun açılması,

merkezdeki yolların daha çok sosyal ve yaya odaklı kullanımlara ayrılmasına olanak sağlamıştır.

Kentin gelişim yönünü etkileyen bir diğer önemli güzergâh olan Üniversite Yolu, şehir merkezi ile Siirt Üniversitesi'ni birbirine bağlayan ana ulaşım aksıdır. Bu yol, özellikle Yağmurtepe mevkiinden geçerek Batman-Diyarbakır karayolu bağlantısıyla kentin dış dünya ile olan ilişkisini güçlendirmektedir (Özgen ve Karadoğan 2009, Alkan ve ark. 2024). Güzergâh boyunca konut alanları, ticaret merkezleri ve kamu hizmet binaları hızla artmakta; bu durum da üniversite yolunu yeni kentsel gelişim alanlarından biri haline getirmektedir (Şekil 5 A, B).



Şekil 5. A: Üniversite Yolu ve Yağmurtepe mevki (ArtıSiirt 2025); B: Çevreyolu (Foto: Sorumlu Yazar tarafından çekilmiştir)

Akabe Yolu

Siirt'in tarihsel kimliğini temsil eden önemli bir yoldur. 3500 yıllık bir geçmişe sahip olduğu belirtilen bu insan yapımı yol, sarp kayalıklar arasında inşa edilmiştir ve bir dönem uluslararası ulaşım güzergâhı olarak Botan Vadisi ile Irak arasındaki bağlantıyı sağlamıştır (Kıran 2017). Günümüzde bu yol, kültürel ve doğal miras olarak trekking ve doğa turizmi açısından önemli bir potansiyele sahiptir (Alkan 2018, Can Gaberli ve Gaberli 2023) (Şekil 6A).

Kurtalan Demiryolu

Kurtalan Ekspresi ve demiryolu ulaşımı da Siirt'in ulaşım belleğinde özel bir yere sahiptir. 1944'te demiryolunun Kurtalan ilçesine ulaşmasıyla birlikte kent, ulusal ulaşım ağına dâhil olmuş; bu gelişme Siirt'in ekonomik ve sosyal hayatına önemli katkılar sunmuştur (Obuz 2017, Alkan 2018). Ancak demiryolu hattının kent merkezine kadar ulaştırılmaması, ulaşım entegrasyonunun sınırlı kalma-

sına neden olmuştur (Çoşkun 2021). Buna rağmen demiryolu, bölgesel aidiyetin ve kent kimliğinin önemli bir parçası olarak varlığını sürdürmektedir (Şekil 6B).



Şekil 6. A: Akabe Yolu (Siirt İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü 2025),
B: Kurtalan demiryolu (Anonim 2025)

Sınırlar/Kenarlar (Edges): Kenti Çerçeveleyen Fiziksel ve Algısal Bariyerler

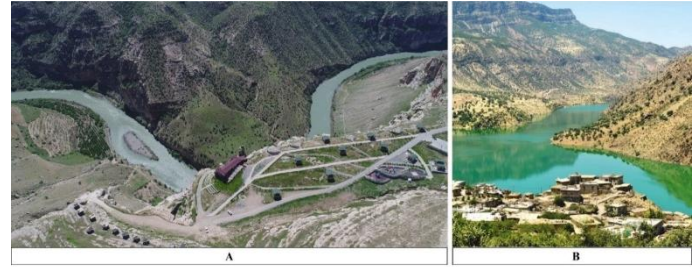
Kevin Lynch'in (1960) kent imgesi kuramında "kenarlar", bireylerin yön bulmak ya da hareket etmek için kullanmadığı; bunun yerine farklı kentsel bölgeleri birbirinden ayıran fiziksel ya da algısal sınırlardır. Bu unsurlar kıyılar, dağ silsileleri, demiryolları, duvarlar, nehirler gibi doğal ya da yapay sınırlar olabilir ve kentsel algının biçimlenmesinde önemli rol oynar. Siirt kenti, bu açıdan güçlü doğal sınırlarla çevrelenmiş ve gelişimini büyük ölçüde bu coğrafi bariyerler doğrultusunda yönlendirmiştir.

Siirt, Türkiye'nin güneydoğusunda, karasal iklimin etkili olduğu bir bölgede yer almakta olup kuzeyde Bitlis, doğuda Van, güneyde Şırnak ve batıda Batman illeriyle çevrilidir. Kent, kuzey, doğu ve güney yönlerinden sarp dağlarla, doğudan Botan Çayı ve batıdan Kezer Çayı ile doğal olarak sınırlandırılmış bir platoda konumlanmıştır (Keser ve Seyidoğlu 2017). Bu coğrafi koşullar, kentin mekânsal gelişiminde belirleyici olmuş ve doğu ile kuzey yönlerinde yayılımı kısıtlamıştır (Özgen ve Karadoğan 2009).

Özellikle doğuda yer alan Botan Vadisi ve içinden geçen Botan Çayı hem fiziksel hem de ekolojik açıdan güçlü bir sınır işlevi görmektedir. Derin ve sarp bir kanyon boyunca akan çay hem kent içi yayılımı sınırlar hem de peyzaj değeri yüksek bir doğal öğe olarak kentsel kimliğin şekillenmesine katkı sunmaktadır (Yangın 2001, DİKA 2014). Botan Vadisi, 2019 yılında milli park ilan edilerek koruma altına alınmış; içindeki mağaralar, höyükler, kilise kalıntıları,

antik yollar ve kale yapılarıyla tarihsel ve arkeolojik kimliğin taşıyıcısı hâline gelmiştir (Kıran 2017, Siirt Ticaret ve Sanayi Odası 2020). Bu vadi aynı zamanda kentin doğusunda doğal bir tampon bölge oluşturarak yerleşim için uygun olmayan bir alan yaratmaktadır (Demir 2023).

Kent merkezinin doğusunda uzanan Botan Vadisi'nin batı yamacında, Şeyhşemu ve Rasinnebah Tepeleri'ne kurulmuş olan eski yerleşim alanı, savunma ve yaşam koşulları açısından güvenli bir doğal konumda şekillenmiştir. Bu topografik özellikler, Siirt'in sadece batı yönünde büyümesini mümkün kılmış ve bu durum günümüze kadar uzanan bir mekânsal gelişim eğilimi oluşturmuştur (Eryeşil ve ark. 2007, Özgen ve Karadoğan 2009) (Şekil 7).



Şekil 7. A: Botan Vadisi; B: Botan Çayı (Siirt İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü 2025)

Kentin batıya açılan cephesi, Kurtalan Caddesi ve Siirt-Batman karayolu üzerinden yeni yerleşimlere ve ekonomik gelişim alanlarına ev sahipliği yapmaktadır. Bu alanlarda konut, ticaret ve hizmet sektörü yoğunlaşmakta; topografyanın düz olması ve ulaşım bağlantılarının güçlü oluşu, kentin bu yöne doğru genişlemesini desteklemektedir (Demir 2023). Ancak bu gelişme, aynı zamanda tarımsal alanların imara açılmasıyla kent çeperindeki üretim alanlarının daralmasına da yol açmıştır.

Kentin kuzey kesimleri, fiziki olarak dağlık yapısı ve su yetersizliği nedeniyle gelişime kapalı kalmıştır. Ancak bu sınırlara rağmen kırsal-kentsel geçiş alanlarında, özellikle kuzeybatı yönünde yapılaşma artmıştır. Mithat Öktüren Caddesi, Atatürk Anıtı ve Şeyh Aziz Caddesi ekseninde gelişen bölgeler, geleneksel yerleşim dokusundan modern kentleşmeye geçişin izlerini taşımakta; böylece yeni ve eski Siirt arasında fiziksel ve algısal geçiş alanları oluşturmaktadır (Gündüz Gezer 2022) (Şekil 8).



Şekil 8. A: Kentin batıya açılan cephesi; B: Kent-kır sınırı
(Foto: Sorumlu Yazar tarafından çekilmiştir 2025)

Sonuç olarak, Siirt'in fiziksel sınırlarını oluşturan dağlar, vadiler ve akarsular, yalnızca kentsel yayılımı belirlemekle kalmamakta; aynı zamanda kentin doğal, tarihî ve kültürel kimliğini şekillendiren temel unsurlar hâline gelmektedir. Kevin Lynch'in kenar kavramı çerçevesinde değerlendirildiğinde, bu fiziksel bariyerlerin kentsel imge üzerindeki etkisi oldukça belirgindir.

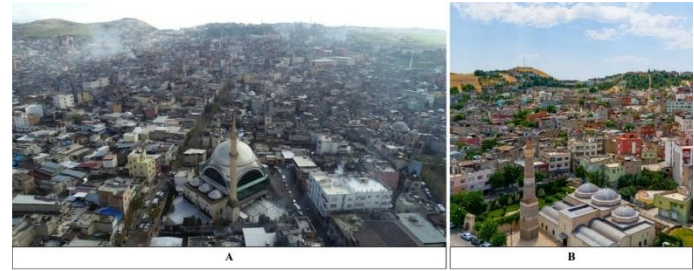
Bölgeler (Districts): Kentin Karakteristik Alanları

Kevin Lynch'in (1960) kent imgesi kuramına göre bölgeler (districts), kent içinde benzer işlevler, görsel özellikler ya da sosyal yapı tarafından tanımlanan, kişilerin içine girdiklerini ve çıktıklarını hissedebildikleri büyük ölçekli kentsel alanlardır. Siirt kenti de hem tarihî hem modern unsurların bir arada bulunduğu, farklı sosyal ve mekânsal özelliklere sahip bölgelerden oluşmakta ve bu çeşitlilik kent kimliğinin zenginliğini ortaya koymaktadır.

Tarihî Siirt Bölgesi

Siirt'in tarihî dokusu, özellikle Ulu Cami çevresinde yoğunlaşan geleneksel mahalleler ve çarşı yapılarıyla belirginleşmektedir. Şehir merkezinde yer alan Akdağ yamaçlarındaki bu eski mahallelerde gelişen yerel mimari, halkın iklim koşulları ve ekonomik imkânlarla uygun olarak şekillendirdiği Cas tipi evler ile tanımlanır (Koday ve Kızılkın 2017). Cas, yörede çıkarılan ve yapı malzemesi olarak kullanılan özel bir taştır. Bu taşla sıvanan iki veya üç katlı evler, kaleyi andıran dış görünüşleri ve avlulu iç mekânları ile dışa kapalı yaşam biçiminin bir yansımasıdır (Koday ve ark. 2017, Demir 2023).

Bu tarihî bölgede sosyal ve ekonomik yaşam, geleneksel çarşı sistemi etrafında şekillenmiştir. Ulu Cami'nin çevresinde konumlanan Helvacılar, Bakırcılar, Yemeniciler ve Demirciler çarşıları; fonksiyonlarına göre ayrılmış esnaf-larla birlikte şehrin ticaret merkezi olmuştur (Erden 2012). Bu çarşılar hem fiziksel hem kültürel olarak kentin kolektif hafızasında önemli yer tutmaktadır. Zamanla yıpranan bu yapılar, modernleşme süreciyle birlikte fiziksel olarak zarar görmüş olsa da Siirt'in tarihî kimliğinin temel öğelerindedir (Demir 2023) (Şekil 9).



Şekil 9. A: Siirt'in tarihî dokusu; B: Ulu Cami çevresinde Siirt (ArtıSiirt 2025)

1930'lu yıllardan itibaren şehirde meydanlar, parklar ve yeni idari yapılarla modern kentleşme süreci başlatılmış; özellikle Cumhuriyet Meydanı ve Atatürk Anıtı, bu dönüşümün simgesel mekânları hâline gelmiştir (Obuz 2017, Demir 2023). Ancak buna rağmen, Dumlupınar, Conkbayır, Ulus ve Sakarya gibi mahallelerdeki eski yapılar korunamamış, ekonomik yetersizlik ve dönüşüm beklentisi nedeniyle bu alanlar zamanla bakımsız bir görünüme bürünmüştür (Alkan 2018, Demir 2023).

Tarihî Siirt bölgesi, Ulu Cami, geleneksel çarşılar ve Cas evleri ile karakterize edilen kültürel miras bölgesi olup, kentin tarihî belleğini temsil etmektedir. Bu bölge, mimarisi, planlaması ve kullanım biçimiyle kentsel kimliğin en eski ve köklü katmanını oluşturmaktadır.

Yeni Gelişen Konut Alanları

Siirt kentinde geleneksel dokunun dışında, özellikle 1940'lı yıllardan itibaren ova düzlüğüne doğru gerçekleşen modern konut gelişimi, kentin fiziksel büyümesinin temel dinamiğini oluşturmuştur. Kızlar Tepesi çevresinde başlayan bu yeni yerleşim alanları, başta parklar, okullar ve kamu kurumlarının taşınmasıyla birlikte şekillenmiştir.

Bu yapılaşma süreci, eski mahallelerde yaşayanlar tarafından kaynakların yeni bölgelere aktarılması nedeniyle eleştirilmiş, ancak şehrin planlı ve modern gelişiminin temeli olmuştur (Demir 2023).

Kızlar Tepesi çevresindeki modernleşme süreci, zamanla Kooperatif Mahallesi gibi düzenli konut alanlarını doğurmuştur. 1980'li yıllarda kurulan bu mahalle, tek katlı evleri, düzenli altyapısı ve planlı yapısıyla diğer mahallelerden ayrılan çağdaş bir yaşam alanı hâline gelmiştir (Demir 2023). Ancak bu yeni mimari, aynı zamanda geleneksel Cas evlerinin de giderek ortadan kalkmasına neden olmuş, böylece "Beyaz Kent" olarak anılan Siirt'in tarihî silüetinde değişim yaşanmıştır (Seçkin 2005). Kezer TOKİ ve Kızlar Tepesi gibi yeni konut alanları ise modernleşme, planlı yapılaşma ve yaşam kalitesinin arttığı alanlar olarak kentteki yeni yaşam formlarını yansıtmaktadır (Demir 2023) (Şekil 10 A, B).



Şekil 10. A: Kızlar Tepesi çevresi (ArtıSiirt 2025); B: Yeni gelişen konut alanları (Sorumlu Yazar tarafından çekilmiştir 2025)

Üniversite Bölgesi

Siirt Üniversitesi, 2007 yılında kurulmasından bu yana kentin sosyoekonomik ve mekânsal gelişiminde önemli bir bölgesel odak oluşturmuştur (Pesen 2022). Güres caddesinde yer alan ilk üniversite merkez kampüsü ve çevresindeki alanlar, genç nüfusun etkisiyle dinamik, canlı ve sürekli dönüşen bir bölgeye dönüşmüştür. 1976 yılında Dicle Üniversitesi'ne bağlı Eğitim Enstitüsü olarak temelleri atılan üniversite, Kezer yerleşkesinde zamanla fakülteler, yüksekokullar ve araştırma merkezleriyle genişlemiş ve kentle güçlü bir etkileşim ağı kurmuştur (SİÜFR 2021, Siirt Üniversitesi 2022).

Bugün itibarıyla 16 bini aşkın öğrenci ve binin üzerinde personel barındıran üniversite, eğitim, sağlık, teknoloji ve

sosyal alanlarda yürüttüğü çalışmalarla Siirt'in sadece fiziksel yapısını değil, aynı zamanda kültürel ve ekonomik yapısını da dönüştürmektedir (Demir 2016, SİÜFR 2016). Üniversite bölgesi, eğitim merkezli gelişimiyle kentin modern kimliğini temsil eden önemli bir kentsel bölgedir.

Sanayi Bölgesi

Siirt'in kentsel bölgelemesinde önemli bir diğer alan, küçük sanayi siteleri ve ticaret merkezlerinin bulunduğu sanayi bölgesidir. Özellikle şehir merkezine yakın alanlarda yoğunlaşan bu ekonomik alanlar hem istihdam sağlaması hem de ticaretin gelişmesi açısından kritik öneme sahiptir. Kentsel dokuda yoğun olarak hissedilen bu bölge, Siirt'in üretken yüzünü temsil eden bir alan niteliğindedir (Şekil 11 A, B).



Şekil 11. A: Siirt Üniversitesi bölgesi (ArtıSiirt 2025), B: Sanayi Bölgesi (Sorumlu Yazar tarafından çekilmiştir 2025)

Düğüm/Odak Noktaları (Nodes): Kentte Hareketin Yoğunlaştığı Noktalar

Kevin Lynch'e (1960) göre düğüm noktaları, kent içerisinde yolların kesiştiği, geçişin ve etkileşimin yoğunlaştığı, fiziksel olduğu kadar zihinsel olarak da tanımlanabilen önemli mekânlardır. Bu alanlar; bireylerin kente giriş yaptığını hissettikleri, yön bulmada referans aldıkları ve sıklıkla bir simgesel yapıyla pekiştirilen merkezî noktalardır. Siirt kenti de çeşitli işlevsel ve sembolik nitelikleriyle bu tür odak alanlara sahiptir.

Siirt'teki en belirgin odak noktalarından biri Cumhuriyet Meydanı ve 15 Temmuz Meydanıdır. Cumhuriyet Meydanı, özellikle Cumhuriyet döneminden itibaren kentsel kamusal yaşamın merkezlerinden biri hâline gelmiştir. Atatürk Anıtı ile sembolleşen Cumhuriyet Meydanı, kent kimliğinde hem fiziksel hem de duygusal bir karşılık bulmuştur. 1930'lu yıllardan itibaren açılan parklar, yeni idari

yapılar ve ışıklandırmalarla birlikte meydanlar, Siirt'in modern yüzünü temsil eden önemli bir kentsel odak hâline gelmiştir (Obuz 2017, Demir 2023). Bu meydanlar milli bayram kutlamaları, resmî törenler ve çeşitli sosyal buluşmalar buralarda gerçekleştirilmiştir. Kent belleğinde merkezi bir yer tutan önemli bir odak mekanlarıdır (Şekil 12 A, B).



Şekil 12. A: Cumhuriyet Meydanı; B: 15 Temmuz Meydanı (ArtıSiirt 2025)

Kent merkezinde yer alan tarihi çarşılar da geleneksel ticaretin sürdüğü ve sosyal etkileşimin yoğunlaştığı düğüm noktalarıdır. Helvacılar, Bakırcılar, Demirciler ve Yemeniciler çarşıları gibi fonksiyonel olarak ayrılmış geleneksel çarşılar, sadece ekonomik değil, aynı zamanda kültürel birer buluşma mekânı olarak kent yaşamında yerini almıştır. Bu çarşılar, geleneksel Siirt kimliğinin korunmasına katkı sunan ve ziyaretçilerin kentin tarihsel katmanlarıyla etkileşime geçtiği önemli alanlardır (Demir 2023) (Şekil 13 A, B, C).



Şekil 13. A: Helvacılar çarşısı; B, C: Tarihi çarşılar (Sorumlu Yazar tarafından çekilmiştir 2025)

Kentteki önemli ulaşım merkezlerinden biri olan Siirt Otogarı, şehirlerarası bağlantının sağlandığı stratejik bir düğüm noktasıdır. Bu mekân, sadece fiziksel geçişin değil, aynı zamanda sosyal ve kültürel hareketliliğin de yaşandığı bir geçiş alanı olarak işlev görmektedir. Kente gelenlerin karşılandığı, ayrılanların uğurlandığı bu mekân,

Lynch'in ifadesiyle bir "eşik mekân" niteliğindedir. Bu noktalar, kent içi ve dışı bağların kurulduğu alanlar olarak kent kimliğinin biçimlenmesinde dinamik roller üstlenmektedir.

Bir diğer önemli odak noktası ise Siirt Üniversitesi kampüs alanıdır. Kampüs, yalnızca akademik faaliyetlerin yürütüldüğü bir alan olmakla kalmaz, aynı zamanda eğitim, kültürel etkinlikler ve sosyal yaşam açısından da kentin canlı odaklarından biridir. Üniversitenin kuruluşundan itibaren hızla gelişen fiziksel yapısı ve öğrenci nüfusunun yarattığı dinamik atmosfer, bu alanı kent yaşamında ayrışan bir bölgesel çekim merkezi hâline getirmiştir (Demir 2016, Sİ-ÜFR 2021) (Şekil 14 A, B).



Şekil 14. A: Siirt Üniversitesi merkez kampüs; B: Siirt Üniversitesi Kezer Yerleşkesi (Sorumlu Yazar tarafından çekilmiştir 2025)

Siirt'in kentleşme sürecinde yaşanan plansız yapılaşma ve göçle birlikte ortaya çıkan yeni düğüm noktaları ise daha çok sosyoekonomik sorunların yansıdığı geçiş alanlarıdır. 1990'lı yıllarda kırsal alanlardan gelen zorunlu göç dalgaları, kent kültürüne uyum sağlamakta zorlanan bir nüfusun belirli mahallelerde yoğunlaşmasına neden olmuş, bu durum sosyal, ekonomik ve mekânsal kırılmaları beraberinde getirmiştir. Kent merkezinde yer alan bu çarpık yapılaşma alanları, fiziksel olarak dağınık ve düzensiz olsa da kentteki sosyo-kültürel dönüşümün odaklandığı yeni geçiş alanlarını işaret etmektedir (Karakaya ve Güller 2022).

Siirt'in düğüm ve odak noktaları hem geleneksel hem de çağdaş öğelerle kentsel kimliğin mekânsal izlerini yansıtan önemli bileşenlerdir. Bu noktalar, kentsel bellekte yer edinen bireylerin kentle olan ilişkilerini şekillendirmekte ve yön bulma, aidiyet geliştirme gibi algısal süreçlerde işlev görmektedir.

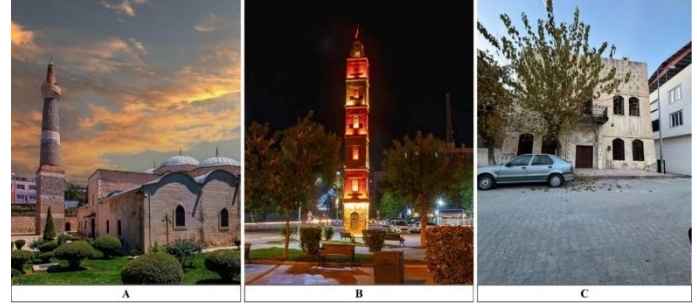
İşaret Öğeleri (Landmarks): Kentsel Hafızada Yer Edinen Simgesel Unsurlar

Kevin Lynch'in kuramına göre işaret öğeleri, kent kullanıcılarının yön bulmalarına yardımcı olan ve genellikle uzaktan görülebilen, kolayca tanınan simgesel nesnelere dir. Bu öğeler, fiziksel olarak erişilebilir olmasalar da kentsel bellekte güçlü bir iz bırakır ve kent kimliğinin yapı taşlarından birini oluşturur (Lynch 1960).

Siirt kentinde bu işaret öğeleri tarihî, dini ve doğal değerlerle şekillenmiştir. Kente dair en karakteristik sembollerden biri olan Siirt Ulu Camii, mimari yapısı ve çini süslemeli tuğla minaresiyle Anadolu'daki Büyük Selçuklu mirasının nadir örneklerinden biridir (Altun 1988, Boran ve ark. 2007, Parlak ve ark. 2013). İran ve Irak coğrafyasıyla mimari ve süsleme bağlamında ortaklık taşıyan minare hem görsel hem de kültürel açıdan Siirt'in kentsel kimliğinde belirleyici bir rol üstlenmektedir (Siirt İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü 2025).

Bir diğer önemli işaret öğesi olan Saat Kulesi, kentin merkezinde, Hükümet Caddesi üzerinde yer almakta ve kare planlı taş yapısıyla tarihsel sürekliliği temsil etmektedir. 1905 yılında ilk örneği inşa edilen kule, yıkıldıktan sonra 1975 yılında yeniden yapılarak Siirt'in sembol öğeleri arasında yerini almıştır (Can Gaberli ve Gaberli 2023, Demir 2023, T.C. Siirt Belediyesi 2023).

Siirt'in geleneksel mimarisini temsil eden Cas Evler, bölgeye özgü alçı taşı olan "cas" malzemesiyle inşa edilmiştir. Bu yapılar sade cepheleri, içe dönük plan şemaları ve kendine özgü tokmakları ile hem işitsel hem de görsel hafıza mekânlarıdır (Eryeşil ve ark. 2007, Lefebvre 2016, Koday ve Kızılkın 2017, Koday ve ark. 2017). Cas evler, sadece fiziksel değil, kültürel olarak da bir işaret öğesi işlevi görmekte ve Connerton'un (2014) ifadesiyle birer "bellek mahali" niteliği taşımaktadır (Ege 2019) (Şekil 15 A, B, C).



Şekil 15. A: Ulu Camii; B: Saat kulesi (Siirt İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü 2025), C: Cas evi (Sorumlu Yazar tarafından çekilmiştir 2025)

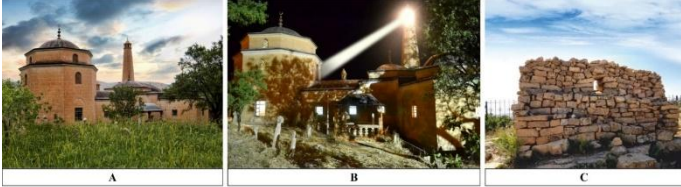
Kent kimliğinin coğrafi bir izdüşümü olarak Botan Vadisi ve Botan Çayı hem doğal peyzaj hem de kültürel anlamda güçlü birer işaret öğesidir. Sarp kanyon yapısı, su sporları potansiyeli ve eşsiz manzaraları ile bu bölge, Siirt'in doğa temelli simgesel alanlarından biri hâline gelmiştir (Eryeşil ve ark. 2007, Özgen 2010). Siirt'in güneydoğusunda yer alan Taşbaşı Mağaraları ve Deliklitaş gibi dik kireçtaşı oluşumları hem doğal sınırlar hem de tarihsel-kültürel simgeler olarak öne çıkmaktadır. Bu mağaraların geçmişte yerleşim amacıyla kullanıldığı, içerisinde oturma alanları, yemlikler ve havalandırma boşlukları bulunduğu arkeolojik bulgularla belgelenmiştir (Sağlamtimur 2007, T.C. Siirt Belediyesi 2023). Botan Vadisi ve çevresindeki bu tür oluşumlar, kentin tarihî kimliğine katkı sunan doğal işaret öğeleridir (Şekil 16 A, B, C).



Şekil 16. A: Botan Vadisi ve Botan Çayı (Sorumlu Yazar tarafından çekilmiştir 2025), B: Deliklitaş (ArtıSiirt 2025), C: Taşbaşı (Sorumlu Yazar tarafından çekilmiştir 2025)

Siirt'in manevî ve entelektüel kimliğinin taşıyıcısı olan Tillo (Aydınlar) İlçesi, başta İsmail Fakirullah Türbesi ve "Işık Hadisesi" olmak üzere sahip olduğu simgelerle bölgesel değil, ulusal ölçekte de tanınan bir simge değer üretmektedir (Keser ve Seyidoğlu 2024). İbrahim Hakkı Hazretleri'nin astronomik bilgi birikimiyle tasarladığı bu düzenek, ekinoks tarihlerinde güneş ışınlarının hocasının kabrini aydınlatmasını sağlamaktadır. Bu olay yalnızca mimari

bir buluş değil, aynı zamanda Siirt'in bilim ve maneviyatla bütünleşen kimliğinin güçlü bir sembolüdür (Özgen 2012, Çırak ve Yörük 2015, Ege 2019). 2015 yılında UNESCO Dünya Mirası Geçici Listesi'ne alınan bu olay, Tillo'yu hem bir kültürel peyzaj hem de turizm destinasyonu haline getirmiştir (Kıran 2017, Can Gaberli ve Gaberli 2023) (Şekil 17 A, B, C).



Şekil 17. A: İsmail Fakirullah Türbesi, B: Güneş Hadisesi'ni gösteren temsili görsel, C: Kal'e-tül Üstad ve Güneş Hadisesi düzeneğinin penceresi (Siirt İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü 2025)

Bütün bu öğeler, Lynch'in ifade ettiği gibi yalnızca kent içinde konumlanan nesnelere değil, aynı zamanda kentsel kimliği temsil eden ve kullanıcıların zihninde güçlü imgeler yaratan yapılar olarak işlev görmektedir. Siirt örneğinde, dini yapılar, tarihî evler, doğal vadiler ve anıtsal mimariler, kentin sembolik kimliğini oluşturarak mekânsal belleğe katkı sunmaktadır. Böylece işaret öğeleri, yalnızca fiziksel olarak değil, duygusal ve kültürel düzlemde de kentlinin kimlik algısında merkezi bir rol üstlenmektedir. Kentin özgün coğrafi yapısı, tarihî katmanları ve kültürel birikimi, bu öğeler aracılığıyla somut ve simgesel bir kent kimliği oluşturmaktadır. Bu bağlamda, Siirt'in kent imgesi, geleneksel ve modern öğelerin bir arada var olduğu melez bir yapı sergilemektedir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, Kevin Lynch'in kent imgesi kuramı temel alınarak Siirt kentinin kimlik öğeleri detaylı biçimde analiz edilmiş ve mekânsal bellek ile fiziksel çevre arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, Siirt'in tarihî, kültürel ve doğal unsurlarının, Lynch'in kent imgesi bileşenleri kapsamında anlamlı ve güçlü bir bütünlük oluşturduğunu göstermektedir.

Araştırma bulguları, Lynch'in (1960) ortaya koyduğu beş temel öğenin (yollar, kenarlar, bölgeler, odak noktaları ve işaret öğeleri) Siirt kentinde açık biçimde tanımlanabilir olduğunu göstermektedir. Bu durum, Lynch'in kuramının

yalnızca metropol kentlerde değil, daha küçük ve geleneksel dokulara sahip kentlerde de etkin biçimde uygulanabileceğini göstermesi açısından önemlidir. Özellikle Güres Caddesi gibi sosyo-kültürel etkileşimin yoğunlaştığı yaya akslarının, Cumhuriyet Meydanı gibi odak noktalarının ve Ulu Cami ile Tillo Işık Hadisesi gibi simgesel yapıların kentsel bellekte güçlü imgeler yarattığı görülmektedir. Bu tespitler, Uçkaç (2006), Mansour ve ark. (2023) ve Zhang ve ark. (2024) gibi araştırmacıların kent imgesi kuramı kapsamında tanımladığı "tanınabilirlik" ve "belirginlik" ilkeleleriyle örtüşmektedir.

Kent kimliğinin oluşumunda sadece fiziksel unsurlar değil, aynı zamanda kolektif bellek ve toplumsal aidiyetin de etkili olduğu görülmüştür. Özellikle tarihî çarşılar, Cas evler ve manevî yapılar, kent halkı tarafından güçlü biçimde sahiplenilmekte ve sosyal kimliğin bir parçası olarak kabul edilmektedir. Bu durum, Halbwachs'in (1992) mekânsal bellek kuramıyla da uyumludur. Mekânın sadece fiziksel değil, aynı zamanda kültürel ve sembolik düzlemde de algılandığı ve hatırlandığı görülmektedir.

Bununla birlikte, modernleşme süreçlerinin getirdiği değişim dinamiklerinin kent kimliğini tehdit ettiği de araştırmanın önemli bulguları arasında yer almaktadır. Yeni konut alanlarında hızlı yapılaşmaların, geleneksel mimariyle olan uyumsuzluğu, yerel kimliğin aşınmasına neden olabilmektedir. Bu bulgu, Yayınoglu ve Susar (2008)'in çalışmasında belirtilen, kimliğin üretilemeyeceği ve yalnızca doğal süreçlerin bir ürünü olarak ortaya çıkabileceği yönündeki görüşü desteklemektedir. Kenar öğeleri olarak tanımlanan Botan Vadisi ve Kezer Çayı gibi doğal bariyerlerin, kent gelişimini sınırlamakla birlikte, aynı zamanda güçlü birer peyzaj ve kimlik öğesi işlevi gördüğü belirlenmiştir (Can 1999, Önem ve Kilincaslan 2005, Umar ve ark. 2024). Siirt'in bölgeler açısından gösterdiği çeşitlilik, kent içindeki sosyal sınıfların, tarihî derinliğin ve çağdaş işlevlerin mekân üzerinde nasıl karşılık bulduğunu gözler önüne sermektedir. Üniversite kampüsü, modernleşmenin ve gençlik kültürünün temsilcisi bir bölge iken; tarihî mahalleler ve çarşı yapıları, geçmişin mekânsal izlerini sürdürmektedir. Bu farklılaşma, kimliğin çok katmanlı yapısını destekler niteliktedir (Lynch 1960, Uçkaç 2006, İlgar 2008, Zhang ve ark. 2024).

Sonuç olarak, bu çalışmanın bulguları, Kevin Lynch'in kuramının Siirt gibi orta ölçekli Anadolu kentlerinde uygulanabilirliğini ve açıklayıcılığını ortaya koymuştur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma da elde edilen bulgular, Siirt'in doğal coğrafi yapısı, tarihî geçmişi ve kültürel birikiminin kent mekânında özgün bir kimlik oluşturduğunu göstermektedir. Yapılan değerlendirme, Siirt'in hem doğal hem de kültürel bağlamda kendine özgü bir kent kimliği barındırdığını ortaya koymuştur.

Yollar açısından, Güres Caddesi başta olmak üzere Cumhuriyet ve Şeyh El-Hazin Caddeleri gibi kentsel arterler hem fiziksel dolaşım hem de sosyal etkileşim bakımından kentin belleğinde güçlü bir yer edinmiştir. Sınırlar bağlamında, Botan Vadisi gibi doğal eşikler hem kentsel gelişimi sınırlamış hem de kentsel peyzajın kimliğini belirlemiştir. Bölgeler, tarihî Siirt yerleşimi ile modern üniversite çevresi ve Kezer TOKİ gibi yeni konut alanları arasında net bir ayırım göstermekte, bu durum kentin çok katmanlı yapısını ortaya koymaktadır.

Odak noktaları, özellikle Cumhuriyet Meydanı, tarihî çarşılar ve Siirt Üniversitesi gibi mekânlarda yoğunlaşmakta; bireylerin kentle kurduğu ilişkiyi biçimlendiren sosyal ve kültürel alanlar olarak öne çıkmaktadır. İşaret öğeleri ise Ulu Cami, Saat Kulesi, Tillo'daki Işık Hadisesi gibi hem fiziksel hem de simgesel değeri yüksek yapılarla kentin hafızasını pekiştirmekte ve kimliğini somutlaştırmaktadır.

Bu bağlamda Siirt'in kent imgesi, geleneksel ve modern öğelerin eşzamanlı olarak yer aldığı, çok boyutlu ve dinamik bir yapıya sahiptir. Ancak bu kimlik, modernleşmenin baskısıyla özellikle geleneksel mimari öğelerin (örneğin Cas Evler) yitilmesi tehdidiyle karşı karşıyadır. Benzer şekilde, kentsel sınırların plansız biçimde aşılması, kimliğin dağılmasına neden olabilecek bir potansiyel taşımaktadır. Araştırma kapsamında geliştirilen öneriler:

- Ulu Cami, Cas Evler ve tarihî çarşı gibi mimari ve kültürel öğelerin korunması ve restorasyon süreçlerinin özgün dokuya uygun şekilde yürütülmesi büyük önem arz etmektedir.

- Yeni gelişen bölgelerde, kent kimliği ve tarihî mirasla uyumlu mimari tasarımlar teşvik edilmelidir. Modern yapılaşmanın tarihî dokuyla bütünleşmesi gözetilmelidir. Siirt'in tarihî ve doğal kimliğini yansıtan mimari ve peyzaj tasarımı ilkeleri benimsenmeli; kent belleği ile uyumlu tasarım yaklaşımları teşvik edilmelidir.
- Tillo'daki Işık Hadisesi gibi özgün olayların yerel, ulusal ve uluslararası düzeyde tanıtımı desteklenmeli; bu tür öğelerin kent markalaşması sürecindeki rolü güçlendirilmelidir. Bu mekânlar sürdürülebilir turizm destinasyonları olarak değerlendirilmelidir.
- Kentsel kimliğin güçlenmesi ve korunması için yerel halkın, sivil toplumun ve akademik çevrelerin katılımıyla yürütülecek planlama süreçleri desteklenmelidir. Bu sayede kent kimliği toplumsal bir uzlaşıyla şekillenebilir.
- Yerel kimliğe ilişkin farkındalık artırılmalı, okullarda ve halk eğitim merkezlerinde tarihî ve kültürel miras konularında bilgilendirici programlar düzenlenmelidir.
- Cas Evler, tarihî dükkânlar, geleneksel sokaklar ve yöresel yaşam biçimleri dijital ortama aktarılmalı; görsel, yazılı ve sözlü tarih belgeleriyle desteklenen kentsel bellek arşivleri oluşturulmalıdır.

Sonuç olarak, kent kimliği sadece fiziksel bir yapı değil, aynı zamanda tarihsel, toplumsal ve kültürel birikimin mekâna yansımasıdır. Bu çalışma, Lynch'in kuramsal yaklaşımının Siirt gibi tarihsel derinliği ve kültürel zenginliği olan kentlerin kimlik analizinde ne denli işlevsel olduğunu ortaya koymakta; bu bağlamda yerel planlama, koruma politikaları ve kentsel gelişim stratejileri için önemli bir zemin sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Alkan A (2018) Orta ve Aşağı Botan Vadisi'nin ekoturizm potansiyeline analitik bir yaklaşım. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(Özel Sayı):475-499.
- Alkan A, Adıgüzel F, Çetin M (2024) Coğrafi bilgi sistemleri kullanarak trafik kazalarının analizi: Siirt kenti örneği. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 7(1), 1-14. <https://doi.org/10.51513/jitsa.1333482>
- Altun A (1988) Ortaçağ Türk Mimarisinin Anahatları İçin Bir Özet. İstanbul: Arkeoloji ve Sanat Yayınları.

- Anonim (2020) Şeyh El-Hazin Caddesi görseli. https://www.instagram.com/siirtmanset/p/B_djvB0lrLo/, Erişim tarihi: 11.04.2025.
- Anonim (2022) Güres Caddesi görseli. https://yenisiirt.com/siirtin-gures-caddesi-gece-gunduz-yogun/#google_vignette, Erişim tarihi: 11.04.2025.
- Anonim (2025) Kurtalan Demir yolu görseli. <https://www.medyasiirt.com/gundem/kurtalan-siirt-demiryolu-projesi-resmi-gazetede-yayinlandi-h26908.html>, Erişim tarihi: 11.04.2025.
- ArtıSiirt (2025) ArtıSiirt Haber Ajansı Fotoğraf Arşivi.
- Boran A, Tüfekçioğlu A, Yıldız İ, Erdal Z (2007) Siirt'teki Kültür Varlıkları. Siirt Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayını-İstanbul: 1. Bion Matbaacılık.
- Can Gaberli Y, Gaberli Ü (2023) Siirt'in kırsal turizm potansiyelinin değerlendirilmesi. *Journal of Current Debates in Social Sciences*, 6(Special Issue-1): 20-36.
- Can N (1999) Kent kimliği. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Ankara.
- Connerton P (2014) Modernite Nasıl Unutturur. Çev. Kübra Kelebekoğlu, İstanbul: Sel Yayınları.
- Çırak B, Yörük A (2015) Güneş ışığını kontrol ederek hocasının mezarının başucuna yansıtan bilim adamı İbrahim Hakkı Hz. *Siirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (5):13-27.
- Çoşkun Y (2021) Ulusal basında Siirt İli: Cumhuriyet Gazetesi Örneği (1930-1960). *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 52:11-32. ISSN: 1302-6879.
- Demir Ş (2016) Cumhuriyet Döneminde Siirt. Bursa: Düzey Yayınları.
- Demir Ş (2023) Osmanlıdan Günümüze Siirt'te Şehircilik Faaliyetleri. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cumhuriyet Özel Sayısı, 182-201.
- Derin A (2021) Bir Kamusal Alan Tartışması: Van Cumhuriyet Caddesi Örneği, Vankulu Sosyal.
- DİKA (2014) Dicle Kalkınma Ajansı. 014-2023 Bölge Planı. Cilt I. Bölgeyi Anlamak. Dicle Kalkınma Ajansı, Mardin. (<https://dika-net.dika.org.tr/FileContainer/Web/files/307b3a72-9f30-4603-90a0-6bf38a42483e.pdf>).
- Ege SC (2019) Toplumsal bellek ve mekânsal temsiller: Tillo (Siirt) Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Beşerî ve İktisadî Coğrafya Bilim Dalı, Ankara.
- Erden M (2012) Cumhuriyetin İlk Öğretmenlerinden Anılar. Pusula Yayınları.
- Eryeşil H, Özdemir A, Oran RA, Güneş A (2007) Beyaz Kent Siirt. Siirt Valiliği Yayınları No:8, Ankara: Saner Basım Sanayi.
- Filomena G, Verstegen J, Manley E (2019) A computational approach to The Image of the City. *Cities*, <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2019.01.006>
- Gündüz Gezer D (2022) Kentleşme sürecinde ulaşım sorunlarının kent sel tasarım yöntemi ile çözümlenmesine yönelik araştırma: Siirt ili Güres Caddesi'nin yaya yolu olarak kullanılmasındaki sorunlar ve çözüm önerileri. Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Siirt.
- Halbwachs M (1992) On Collective Memory. University of Chicago.
- İlgar E (2008) Kent Kimliği ve kentsel değişimin kent kimliği boyutu: Eskişehir örneği. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Karakaya D, Güller A (2022) Markalaşarak Kalkınmak: Siirt İçin Bir Araştırma. Kamu Politikaları ve Kalkınma, Ekin Yayınevi, 65 s. e_ISBN: 978-625-8235-67-8
- Keser İ, Seyidoğlu S (2024) Medrese ve otorite: Siirt Tillo medreseleri örneği. *The Journal of Turk-Islam World Social Studies*, 12(12):8-17.
- Kıran S (2017) Turizm destinasyonları için sürdürülebilir turizmin önemi: Siirt İli Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Atilim Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Turizm ve Otel İşletmeciliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Koday S, Kızılkın Y (2017) Geleneksel Bir Konut Tipi: Siirt İlinde Cas Evleri. Tebliğler Kitabı, 33.
- Koday S, Koday Z, Kızılkın Y (2017) Siirt ilinde bir mesken kültürü: Cas evleri. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(4):1369-1385.
- Kushneruk S, Kurochkina M (2022) Urban identity through the prism of media framing. *RUDN Journal of Language Studies, Semiotics and Semantics*. <https://doi.org/10.22363/2313-2299-2022-13-4-1005-1019>
- Lalli M (1992) Urban-related identity: theory, measurement, and empirical findings. *Journal of Environmental Psychology*, 12:285-303. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80078-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80078-7)
- Latypova M, Mingalimova E, Rubtsova A, Tazov A (2021) Empirical study of the mental representation of the image of the city (on the example of Kazan and Naberezhnye Chelny). *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127401034>
- Lefebvre H (2016) Modern Dünyada Gündelik Hayat. Çev. Işın Gürbüz. İstanbul: Metis.
- Liang X, Zhao T, Biljecki F (2023) Revealing spatio-temporal evolution of urban visual environments with street view imagery. *Landscape and Urban Planning*. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104802>
- Lynch K (1960) The Image of The City. The MIT Press, Cambridge.
- Mansour H, Alves F, da Costa A (2023) A comprehensive methodological approach for the assessment of urban identity. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su151813350>
- Obuz Ö (2017) Siirt'in Cumhuriyet Serüveni (1923-1950): Gelenek, Modernite, Millî Kimlik. İstanbul: Akıl Fikir Yayınları.
- Oktay D (2002) The quest for urban identity in the changing context of the city. *Cities*, 19:61-271. [https://doi.org/10.1016/S0264-2751\(02\)00023-9](https://doi.org/10.1016/S0264-2751(02)00023-9)
- Önem AB, Kilincaslan I (2005) Haliç Bölgesinde çevre algılama ve kentsel kimlik. *İtü Dergisi*, 4(1):115-125.
- Özgen N (2010) Doğu Anadolu Bölgesi'nin doğal turizm potansiyelinin belirlenmesi ve planlamaya yönelik öneriler özet. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7(2):1407-1438.
- Özgen N (2012) Siirt'in inanç turizmi mekânları: ziyaret (Veysel Karani) ve Tillo (Aydınlar) örnekleri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 27:251-272.
- Özgen N, Karadoğan S (2009) Siirt şehrinin kuruluşu ve gelişimi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(2):61-81.
- Parlak S, Kunt Hİ, Kocadağistan M (2013) Siirt Ulu Camii Minaresi ve 2008 yılı restorasyonu. *Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 30(1):167-198.
- Pesen S (2022) Siirt Üniversitesi'nin 2018-2022 Yıllarına Ait Bütçe Çalışmalarının Çeşitli Değişkenler Açısından İncelenmesi. Kamu Politikaları ve Kalkınma, Ekin Yayınevi, 36 s. e_ISBN: 978-625-8235-67-8.
- Rossi A (2006) Şehrin Mimarisi. (Çev. N. Gürbilek), İstanbul, Kanat Yayınları.
- Sağlamtimur H (2007) Arkeolojik veriler ışığında Siirt ve çevresi. *Uluslararası Siirt Sempozyumu*, 65-77.
- Seçkin BS (2005) Başlangıçtan Günümüze Siirt Tarihi. Siirtliler Vakfı Yayınları.
- Siirt İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü (2025) <https://siirt.ktb.gov.tr/TR-317673/gezilecek-yerler.html>, Erişim Tarihi: 01.04.2025.
- Siirt İl Yıllığı (1998) Siirt Valiliği.
- Siirt Ticaret ve Sanayi Odası (2020) <https://www.siirtso.org.tr/>, Erişim Tarihi:11.11. 2024.
- Siirt Üniversitesi (2022) Erişim adresi <https://www.siirt.edu.tr/de-tay/genel-bilgi/182537.html>.

- SiÜFR (2016) Siirt Üniversitesi 2016 Yılı İdare Faaliyet Raporu. Siirt: Siirt Üniversitesi Stratejik Geliştirme Daire Başkanlığı.
- SiÜFR (2021) Siirt Üniversitesi 2021 Yılı İdare Faaliyet Raporu. Siirt: Siirt Üniversitesi Stratejik Geliştirme Daire Başkanlığı.
- T.C. Siirt Belediyesi (2023) <https://www.siirt.bel.tr/saat-kulesi> Erişim Tarihi: 01.04.2025.
- Tan M, Bayezit G (2023) Kent kimliğinin mekânsal yansımaları: Siirt Güres Caddesi Örneği. *International Journal of Innovative Approaches in Social Sciences*, 7(3):127-141. <https://doi.org/10.29329/ijiasos.2023.607.1>
- Thwaites K, Simpson J, Simkins I (2020) Transitional edges: a conceptual framework for socio-spatial understanding of urban street edges. *URBAN DESIGN International*, 25:295-309. <https://doi.org/10.1057/s41289-020-00115-9>
- Uçkaç L (2006) Kentsel tasarımın kent kimliği üzerine etkileri: Keçiören Örneği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara.
- Umar F, Winarso H, Kustiwan I (2024) Urban identity and planning: a conceptual study on identity of urban, identity in urban, and identity for urban. *Spatium*, <https://doi.org/10.2298/spat230828002u>
- Yangın S (2001) Botan Çayı (Uluçay) Vadisi Siirt'in florası. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- Yayınoğlu PE, Susar F (2008) Kent, Görsel Kimlik ve İletişim. İstanbul: Umuttepe Yayınları.
- Yılmaz Çildam S (2019) Toponomi (yer adları) açısından Siirt'te mahalle adları. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23 (4):1443-1458.
- Zhang Y, Li Y, Zhang F (2024) Multi-level urban street representation with street-view imagery and hybrid semantic graph. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 218 (B):19-32. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2024.09.032>

Endemik Tunceli Sarımsağı (*Allium tuncelianum*) Toprağında *Bacillus velezensis* İzolasyonu, Moleküler Tanımlanması ve Antimikrobiyal Özellikleri

Isolation, Molecular Identification, and Antimicrobial Properties of *Bacillus velezensis* from Endemic *Allium tuncelianum* Soil

Altuğ KARAMAN^{*1}, Şükran KILIÇ², Halit YÜCEL³, Ferit Can YAZDIÇ¹, Fadime YAZDIÇ⁴

¹Munzur Üniversitesi, Pertek Sakine Genç Meslek Yüksekokulu Veterinerlik Bölümü, Tunceli

²Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu Tıbbi Dökümantasyon ve Sekreterlik Bölümü, Tunceli

³Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Kahramanmaraş

⁴Munzur Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Tunceli

Eser bilgisi/Article Info

Araştırma makalesi/Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1650289

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Altuğ KARAMAN

e-mail: altugkaraman@hotmail.com

Geliş tarihi / Received

03.03.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

28.05.2025

Kabul tarihi / Accepted

13.07.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Bacillus velezensis

İkincil metabolitler

16S rDNA geni

Antübakteriyel

Keywords:

Bacillus velezensis

Secondary metabolites

16S rDNA gene

Antibacterial

Özet

Antibiyotik direnci, yeni antimikrobiyal ajanların keşfini gerektiren, her geçen gün büyüyen küresel bir endişedir. Spor oluşturan gram pozitif bir bakteri olan *Bacillus velezensis*, lipopeptitler (sürfaktin, fenjisin, iturin) ve poliketidler (difficidin, makrolaktin) gibi biyoaktif bileşikler üretmesiyle bilinmektedir. Bu maddeler geniş spektrumlu antimikrobiyal özellikler göstermekle beraber, bitki patojenlerini baskılar ve bitki büyümesini teşvik eder. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki endemik Tunceli sarımsağı (*Allium tuncelianum* (Kollmann) Özhatay, B. Mathew ve Şiraneci) ile ilişkili topraktan *B. velezensis*'in izolasyonunu, tanımlanmasını ve antimikrobiyal potansiyelini araştırmaktır. *B. velezensis* ŞK_B3 suşu, 16S rDNA dizilemesi kullanılarak tanımlandı ve gram pozitif (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*) ve gram negatif (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) bakterilere karşı antimikrobiyal aktivite açısından test edildi. Streptomisin ve penisilin gibi standart antibiyotiklere kıyasla orta düzeyde aktivite gösterse de, etkinliği özellikle gram pozitif bakterilere karşı dikkat çekici olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, özellikle gram pozitif bakterilere karşı orta düzeyde inhibitör aktivitesi olduğunu göstermiştir. Bu da tarımda bir biyokontrol ajanı ve yeni antibiyotik kaynağı olarak potansiyelini vurgulamaktadır. Etkin bileşiklerin aydınlatılması ve antimikrobiyal etkinliğin artırılması için daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Abstract

Antibiotic resistance is a growing global concern that requires the discovery of new antimicrobial agents. *Bacillus velezensis*, a spore-forming gram-positive bacterium, is known for producing bioactive compounds such as lipopeptides (surfactin, phenjicin, iturin) and polyketides (difficidin, macrolactin). These substances exhibit broad spectrum antimicrobial properties, suppress plant pathogens and promote plant growth. This study investigates the isolation, identification and antimicrobial potential of *B. velezensis* from soil associated with the endemic *Allium tuncelianum* in Türkiye. *B. velezensis* strain ŞK_B3 was identified using 16S rDNA sequencing and tested for antimicrobial activity against gram positive (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*) and gram negative (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) bacteria. Although it has moderate activity compared to standard antibiotics such as streptomycin and penicillin, its activity against gram-positive bacteria has been found to be particularly remarkable. The results showed that it has moderate inhibitory activity especially against gram-positive bacteria. This highlights its potential as a biocontrol agent and a source of new antibiotics in agriculture. Further studies are needed to elucidate the active compounds and to increase the antimicrobial activity.

GİRİŞ

Dünya genelinde 1930'larda penisilin ilk başarılı uygulamasından bu yana antibiyotikler, hastalıkları önlemek ve tedavi etmek için birçok alanda kullanılmıştır (Allen ve ark. 2013). Antibiyotikler, keşfedildikleri günden bu yana bulaşıcı hastalıkları kontrol altına almak

ve tarımsal verimliliği artırmak için vazgeçilmez olmuşturlar. Ancak antibiyotiklerin tedavi amaçlı olmayan kullanımı günümüzde antibiyotik direncinde artışla ilişkilidir (Marshall ve Levy 2011). İlaç dirençli bakterilerin artışı antibiyotiklerin etkinliğini azaltmış, tedavi edilemeyen enfeksiyonlara ve büyük bir halk sağlığı sorununa yol açmıştır. Endemik bitkilerin yetiştiği toprak mikrobiyomuysa yeni antimikrobiyal ajanlar için

umut vadeden kaynaklar sunmaktadır (Byun ve ark. 2023).

B. velezensis, lipopeptitler ve poliketidler de dahil olmak üzere çeşitli biyoaktif ikincil metabolitler üretme yeteneğiyle bilinen, antimikrobiyal, antifungal ve bitki büyümesini teşvik edici aktiviteler gösteren çok yönlü çoğunlukla toprak, su, bitki kökleri ve fermente gıdalar gibi çeşitli kaynaklardan sıklıkla izole edilen, aerobik, gram pozitif, endospor oluşturan bir bakteridir (Fazle ve ark. 2020, Alenezi ve ark. 2021). Rabbee ve ark. (2019) atfen *B. velezensis* ilk olarak Ruiz-García ve ark. (2005) tarafından İspanya'nın Malaga kentinde bulunan Vélez nehrinin çevresel örneklerinden iki yeni *Bacillus* türünün izole edilmesiyle tanımlandığını ifade etmişlerdir (Rabbee ve ark. 2019). Bu bakterinin çeşitli antimikrobiyal bileşiklerin üretimi yoluyla bitki patojenlerine karşı antagonistik etkiler gösterdiği bilinmektedir (Cao ve ark. 2018). Tarihsel olarak 2016 yılında, daha önce *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum*, *B. methylotrophicus* ve *B. oryzicola* olarak sınıflandırılan diğer birkaç *Bacillus* türü, *B. velezensis* suşları olarak yeniden sınıflandırılmıştır (Dunlap ve ark. 2016). RNA polimeraz beta alt birim gen dizisine ve çekirdek genomuna dayanan filogenetik analizler, bu bakterinin *B. methylotrophicus* ve *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42'den oluşan bir türdeş gruba ait olduğunu ortaya koymuştur (Fan ve ark. 2017). *Bacillus* spp., çeşitli yapısal formlara sahip antimikrobiyal maddeler üretme yeteneğine sahiptirler (Pereira ve ark. 2019). Özellikle *B. velezensis*, fitopatogenik mantarlar ve bakteriler de dâhil olmak üzere çok çeşitli patojenlerin büyümesini engelleyen surfaktin, fengycin, basilibaktin, difficidin, basililen, makrolaktin, basilisin, asetoin ve birçok uçucu organik bileşik gibi birçok ribozomal ve ribozomal olmayan biyoaktif metabolit sentezlediği bildirilmiştir (Rabbee ve ark. 2019, Tu ve ark. 2024). Tarımda biyogübre ve biyopestisit olarak kullanımı çeşitli çalışmalarla doğrulanmıştır (Rabbee ve ark. 2023, Li ve ark. 2024). Bu çalışmalarda *B. velezensis*'in ürün verimini iyileştirme, bitkinin biyotik ve abiyotik streslere karşı direncini artırmadaki rolü gösterilmiştir (Rabbee ve ark. 2023, Li ve ark. 2024). Ayrıca genom analizleri, çok sayıda biyosentetik gen kümesinin varlığını ortaya çıkarmış ve bu da *B. velezensis*'in yeni ilaç keşfi ve

ekolojik uygulamalar için potansiyelini göstermiştir (Liu ve ark. 2024).

Kapsamlı araştırmalara rağmen, *B. velezensis* tarafından üretilen antimikrobiyal metabolitlerin tam spektrumu ve çeşitli patojenlere karşı spesifik etki biçimleri hakkında bilgi boşlukları devam etmektedir. Genom madenciliği, karakterize edilmemiş metabolitlere sahip biyosentetik gen kümelerini belirlemiş olsa da, bunların biyolojik işlevleri ve patojen baskılanmasındaki rolleri henüz tam olarak anlaşılmamıştır (Tu ve ark. 2024). Tunceli endemik sarımsak toprağı gibi benzersiz ekosistemlerdeki *B. velezensis* gibi bakterilerin ürettikleri sekonder metabolitlerin tanıtılması için daha fazla çalışma gerekmektedir. Bu tarz bölgelerdeki bakteri örneklerinin ürettikleri sekonder metabolitlerin bitkilerde indüklenmiş sistemik direnci tetikleyebildiği ve böylelikle de bitkilerin kendilerini patojen mikroorganizmaların tekrarlayan saldırılarına karşı savundukları belirtilmiştir (Yazdıç ve ark. 2018, Wang ve ark. 2020).

Endemik bitkilerin yetiştiği topraklardaki mikrobiyal ekosistemiyle nasıl etkileşime girdiğini anlamak, biyolojik kontrol potansiyelleri ve ekolojik uyumlulukları hakkında fikir vermesi açısından önemlidir. Bu çalışma ile endemik *Allium tuncelianum* toprağından *B. velezensis* suşları izole edilmiş, biyokimyasal ve moleküler tanımlama yapılarak antimikrobiyal özellikleri değerlendirilmiştir. Bulgular, çevre dostu tarım uygulamalarının geliştirilmesine katkıda bulunmakla beraber farmasötik kullanımlar için metabolit üretiminin optimize edilmesi gibi daha ileri biyoteknolojik uygulamalar için de temel oluşturacaktır.

Materyal ve Metot

Toprak Örnek Toplanması

Bu çalışmada, Tunceli Ovacık ilçesinde Köşeler ve Koyungölü köylerinde ~1200 rakım üzeri yayılış gösteren dağ sarımsağı toprak örneklerinden bakteri izole edilmiştir. Toprak örnekleri Tunceli'nin Ovacık ilçesindeki beş farklı dağ sarımsağı dağılım alanından toplanmıştır. Bu örnekler dağın ovacık ilçesine bakan

kısımdan uygun olan en steril şekilde toplanarak, toplama kaplarıyla birlikte laboratuvara getirilmiştir.

Toprak Bakterilerinin İzolasyonu

Her toprak örneğinin yaklaşık 200 g'ı fizyolojik suda (10 g toprak başına 9 mL) süspansiyon edilerek spor oluşturmeyen bakterileri ortadan kaldırmak için 63°C'de 30 dakika inkübe edilmiştir. Elde edilen karışım soğutulduktan sonra 10^{-2} , 10^{-3} ve 10^{-4} şeklinde dilüsyonlar hazırlanarak Plate Count Agar besiyerine yüzeysel ekim yapılmıştır. Daha sonrasında bakteri gelişimi için petriyeler 30°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Saf kültür, sonraki çalışmalar için 4 °C'de saklanmıştır. Farklı morfolojik özellik gösteren koloni örnekleri Nutrient Broth besiyerine ekilerek 30°C'de 1 gece inkübasyona bırakılmıştır. Gelişen örneklerden steril ependorflara %30'luk steril gliserol kullanılarak stok alınmıştır (Yazdıç ve ark. 2018).

İzole Edilen Bakterilerin Morfolojik ve Biyokimyasal Karakterizasyonu

İzole edilen tüm bakteri örneklerinin tanımlanması için gram boyama ve endospor boyamanın yanı sıra katalaz, karbonhidrat fermentasyon, nişasta hidroliz, üreaz aktivite, nitrit-nitrat ve amonyak testleri yapılmıştır (Collins ve Lyne 1970).

Bakterilerden Genomik DNA İzolasyonu

Sıvı besiyerinde bir gece boyunca geliştirilen tek koloni örnekleri, 2 ml'lik mikro santrifüj tüpüne aktarılmış ve 10.000×g'de 3 dakika santrifüj edilerek pelletler toplanmıştır. Aynı işlem, yeterli miktarda hücre toplamak (~100 mg) için tekrarlanmıştır. Daha sonrasında DNA izolasyonu ticari bakteri DNA izolasyon kiti (AllPrep Bacterial DNA/RNA/Protein Kit-QIAGEN) kullanılarak, üretici firmanın protokolüne uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen DNA örnekleri 4 °C'de depolanmıştır. İzole edilen genomik DNA örnekleri, 260 ve 280 nm dalga boylarında spektrofotometre kullanılarak kantitatif olarak belirlenmiştir. Ayrıca genomik DNA örnekleri %1'lik agaroz jel kullanılarak

etidyum bromür ile boyanmış ve fotoğraflanmıştır (Bektas ve ark. 2024).

16S rDNA Amplifikasyonu ve Dizilemesi İle Bakterilerin Moleküler Tanımlanması

Evrensel primerler UB_16SF (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') ve UB_16SR (5'-GTACGCTACCTGTTACGAC-3') 16S rDNA gen bölgesinin amplifikasyonu için kullanılmıştır (Mauti ve ark. 2013) PCR şartları olarak 94 °C'de 5 dakikalık ilk denatürasyon, ardından 94 °C'de 1 dakika, 55 °C'de 1 dakika yapışma ve 72 °C'de 2 dakika uzatma bu basamaklar 35 döngü, daha sonrasında 72 °C'de 5 dakikalık son uzatma şeklinde gerçekleştirilmiştir. rDNA amplifikasyon reaksiyon karışımı (40 µl), her izolatın toplam 10 ng DNA, ileri ve geri primerler yaklaşık 10 pmol ile 2X master mix kullanılarak (FIREPol Master Mix) gerçekleştirilmiştir. Amplifikasyona uğramış PCR ürünleri %1.5 agar jel üzerinde elektroforeze edilmiştir. Jel etidyum bromür ile boyanarak fotoğraflanmıştır. Amplifikasyonu yapılan 16S rDNA gen parçası saflaştırılmış ve PCR amplifikasyonu için kullanılan aynı primer kullanılarak DNA dizileme Sanger dizileme yöntemi kullanılarak, DNA dizilemesi 3130xl Genetik Analiz Cihazı (Applied Biosystems, ABD) yardımıyla çift yönlü olarak gerçekleştirilmiştir. 16S rDNA gen dizileri, mevcut karakterize edilmiş referans dizileriyle eşleşmeleri belirlemek için Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi'nin (NCBI-<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) web sitesinden edinilebilen "Basic Local Alignment Search Tool" (BLAST) aracı kullanılarak tanımlanması gerçekleştirilmiştir (Bektas ve ark. 2024).

Test Organizmaları ve Büyüme Koşulları

Antimikrobiyal aktivite testlerinde kullanılan mikroorganizmalar Munzur Üniversitesi Moleküler Genetik Laboratuvarından temin edilmiştir. *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Pseudomonas aeruginosa* (DSM 50071), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) ve *Bacillus subtilis* (DSM 1971) suşları kullanılmıştır. Testlerde kullanılan mikroorganizmalar Mueller Hinton Broth (Merck Darmstadt, Germany)'da geliştirilerek 10^6 koloni

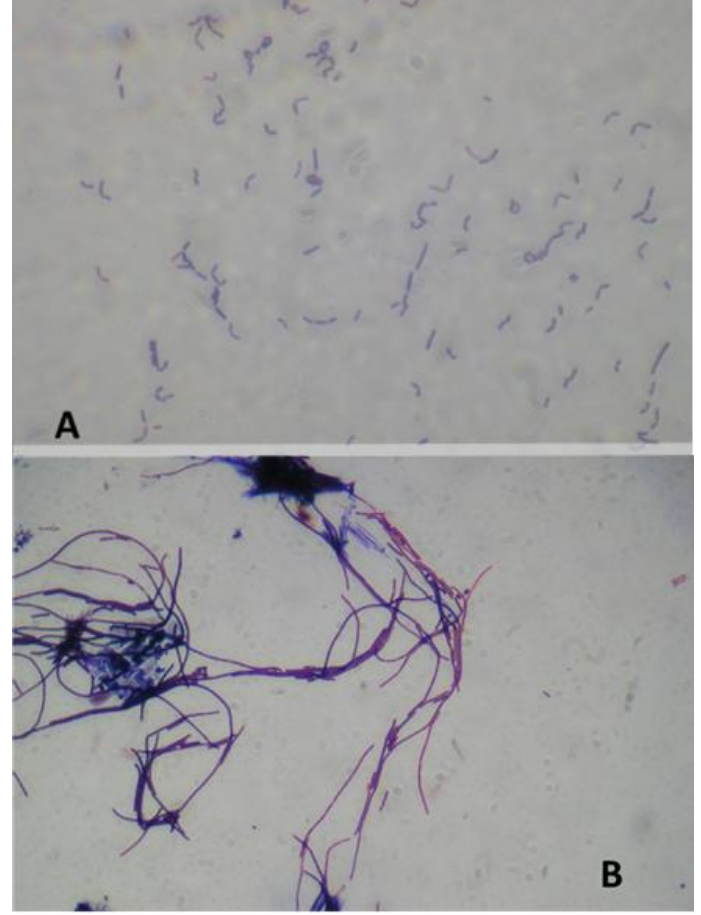
oluşturma birimi (KOB)/mL olacak şekilde seyreltilerek kullanılmıştır.

Agar Kuyu Difüzyon Testi Yöntemi İle Antimikrobiyal Aktivitenin Belirlenmesi

Bu yöntem daha önceki çalışmalarda gösterildiği gibi kullanılmıştır (Karaman ve ark. 2023, Taşar ve ark. 2023). Kısacası taze bakteri kültürleri (106 kob/mL) petrilerdeki Mueller Hinton Agar besiyeri üzerine steril swaplar yardımıyla yayma ekim yöntemi kullanılarak ekilmiştir. Petri yüzeyinin bakteri örneklerini tamamen emmesi için 15 dakika kadar beklenmiştir. Daha sonrasında MHA petrilere oyuk açmak için steril mantar delici (6 mm çap) kullanılmış ve her kuyuya 10 µL uçucu yağ asidi ilave edilmiştir. Pozitif kontrol olarak standart antibiyotikler Streptomisin ve Penisilin (10 mcg/ml) 10 µL kullanılarak test edilen organizmaların duyarlılıklarında belirlenmiştir. Hazırlanan petri kutuları 1 saat +4 °C'de bekletildikten sonra inkübatöre yerleştirilerek, +37°C'de 24 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda antibakteriyel aktivite, her bir kuyunun etrafındaki zon çapları ölçülerek değerlendirilmiştir. Antibakteriyel aktivite testleri üç kopya halinde yapılmış ve kuyucuk etrafındaki şeffaf zon alanlarının çapı ölçülerek değerlendirilmiştir (Yazdıç ve ark. 2023).

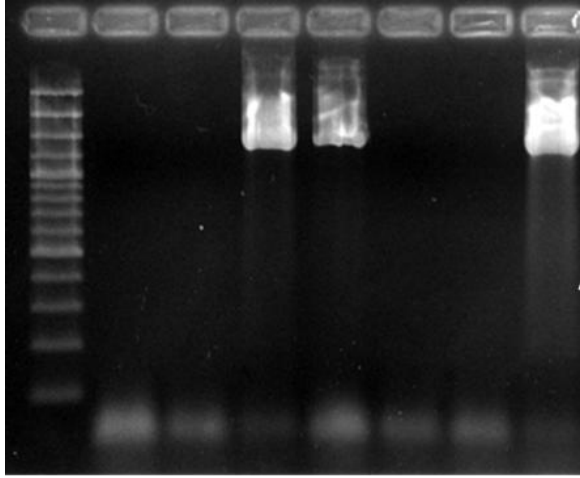
BULGULAR

Bu çalışmada Ovacık ilçesinden toplanan 5 farklı toprak örneğinden farklı morfolojilere sahip toplam 20 farklı izolat elde edilmiştir. Her bir habitattan elde edilen morfortip sayısı 1 ile 4 arasında değişmiştir. Agarlı besiyerinde büyüyen kolonilerden çizgi yöntemi ile tek koloniler başarı ile elde edilmiştir ve başarıyla saflaştırılmıştır. Saflaştırılmış izolatların morfolojik karakterizasyonu saf kolonilerin mikroskopik incelemesiyle gerçekleştirilmiştir. Ancak gerek Gram boyama (Şekil 1) gerekse biyokimyasal test sonucunda 10 adet saf *Bacillus* spp. elde edilmiştir.



Şekil 1. İzole edilen bazı bakterilerin Gram boyama sonuçları (A-B)

Saflaştırılmış izolatlardan çıkarılan genomik DNA, 16S rDNA geninin PCR amplifikasyonu ve dizilenmesi moleküler tanımlama için kullanıldı. Yaklaşık 1500 bp'lik bakteri DNA'larına ait PCR amplifikasyon bantları, Şekil 2'de gösterildiği gibi DNA belirteci ile karşılaştırıldığında yaklaşık 1500 bp pozisyonunda UV transillüminatör altında agar jel elektroforezinde gözlenmiştir. 16SrDNA geninin dizileri Chromas (sürüm 2.6.6) kullanılarak düzenlendi ve NCBI'da BLAST arama aracı kullanılarak analiz edilmiştir. Diziler NCBI veritabanındaki dizilerle karşılaştırarak bakteri türlerinin tanımlanması gerçekleştirilmiştir. 16S rDNA dizi analizi, izolat ŞK_B3'ün *B. velezensis* olduğunu *B. velezensis* GMU231'e (NCBI erişim numarası OP364986.1) %97.8 benzerlikle doğrulanmıştır (Çizelge 1).



Şekil 2. PCR sonucu görüntüsü (%1.5 agarozda)

Çizelge 1. Elde edilen DNA dizinin NCBI Blast sonucu

Bakteri Kodu	NCBI Sonucu	Benzerlik Yüzdesi
ŞK_B3	<i>B. velezensis</i> strain A35 16S ribosomal RNA gene, partial sequence (MG598458.1)	97.54

Çizelge 2. Seçilen *B. velezensis*'in (ŞK_B3) patojen bakterilere karşı antibakteriyel etkileri (Veriler üç bağımsız örneğin ortalamaları ± standart sapması olarak sunulmuştur)

		<i>B. velezensis</i> (ŞK_B3)	Streptomycin (S10)	Penicillin (P10)
Gram -	<i>E. coli</i> (ATCC 25922)	7.7±0.78	16.70±1.12	33.56±4.56
	<i>P. aeruginosa</i> (DSM 50071)	8.68±1.10	12.61±2.09	35.50±2.57
Gram +	<i>S. aureus</i> subsp. <i>aureus</i> (ATCC 25923)	7.86±1.86	10.15±2.06	31.83±3.06
	<i>B. subtilis</i> (DSM 1971)	-*	11.43±3.23	32.16±3.55

Not: *-Herhangi bir aktivite tespit edilememiştir

TARTIŞMA

Bacillus cinsi ile ilişki birçok tür toprak mikroflorasında yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Bu bakterilerin sıcaklık, kuruma ve radyasyon gibi aşırı çevre koşullarına dayanıklı olduğu bilinmektedir. Bu özelliklerinin dirençli kalın bir dış duvar yapısına sahip spor formları ile sağlamaktadırlar (Liu ve ark. 2020). Bu açıdan birçok çalışmada *Bacillus* türlerinin izolasyonunda ısı şok yönteminin kullanıldığı böylelikle toprak gibi karmaşık

Topraktan izole edilen ve tanımlanan *B. velezensis* (ŞK_B3) bakteri türünün, standart antibiyotikler olan streptomisin (S10) ve penisilin (P10) ile dört patojenik bakteriye karşı antibakteriyel aktivitesi belirlenmiştir (Çizelge 2). *B. velezensis* (ŞK_B3), daha güçlü antibiyotiklerle karşılaştırıldığında dört bakterinin tamamına karşı orta düzeyde inhibitör aktivite göstermiştir. *B. velezensis*'den elde edilen ekstraksiyon gram pozitif bakteriler (*S. aureus*, *B. subtilis*), gram negatif bakterilerden (*E. coli*, *P. aeruginosa*) biraz daha duyarlıydı. Elde edilen *B. velezensis* ŞK_B3'ün ürettiği spesifik antimikrobiyal bileşiklere ilişkin daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bunun için daha sonra yapılacak çalışmalarda Minimum İnhibitör Konsantrasyon (MIC) testi, antibakteriyel aktivitenin daha niceliksel bir ölçümünü sağlayacağı için yapılması planlanmaktadır. *B. velezensis* (ŞK_B3) geniş spektrumlu bir antibakteriyel ajan olarak potansiyel göstermektedir. Ancak etkinliği özellikle gram-negatif bakterilere karşı konvansiyonel antibiyotiklere göre daha düşüktür. Aktif bileşiklerini aydınlatmak, etkinliğini geliştirmek ve kombinasyon tedavilerinde veya belirli hedeflere yönelik potansiyel uygulamaları araştırmak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

floralardaki diğer spor oluşturmeyen mikrobiyal izolatların baskılanmasında hızlı ve etkili bir yaklaşım olduğunu kanıtlamıştır (McHugh ve ark. 2017). Bu çalışmada da kullanılan ısı şok yöntemi ile endemik *Allium tuncelianum* toprağından *B. velezensis* başarılı bir şekilde izole edilmiş ve tanımlanmıştır. Bilinen tüm bakterilerde bulunan 16S rDNA geni genellikle bakterileri tanımlamak için kullanılmaktadır (Bartoš ve ark. 2024). 16S rDNA geninin fonksiyonunun zamanla değişmemiş olması ve 16S rDNA geninin uzunluğunun yeterli oluşu,

geleneksel yöntemlerin aksine yeni bakterilerin tanımlanmasında moleküler yöntemler için tam bir hazine gibidir. Bu açıdan bakteri filogenisini ve taksonomisini incelemek için en iyi araç olarak kabul edilir (Alyousif 2022). Çalışmadaki *B. velezensis* ŞK_B3'ün moleküler tanımlanması içinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır.

B. velezensis, çeşitli antimikrobiyal bileşikler üretme yeteneğiyle bilinen bir bakteridir (Khalid ve ark. 2021). Bu bileşikler, tarım, su ürünleri yetiştiriciliği ve tıp dâhil olmak üzere farklı alanlarda patojenlerle mücadelede önemli bir potansiyele sahiptir. *B. velezensis*, surfaktin, iturin ve fengycin gibi bir dizi lipopeptidin yanı sıra diffidin, basilaen ve makrolaktin gibi poliketidler üretir. Bu bileşikler, bakteri ve mantarlara karşı geniş spektrumlu antimikrobiyal aktiviteleriyle bilinirler (Guo ve ark. 2020). Bakteri ayrıca mersasidin ve amilosikliklin gibi bakteriosinler ve çeşitli patojenleri inhibe ettiği gösterilen basilibaktin gibi sideroforlar üretir. *B. velezensis*'ten elde edilen antimikrobiyal bileşikler, hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakterilere ve mantarlara karşı geniş spektrumlu aktivite gösterir. Bunlara metisiline dirençli *S. aureus* (MRSA) ve çeşitli balık ve bitki patojenleri gibi patojenler dâhildir (Taghavi ve ark. 2023). Bu bileşikler, farklı sıcaklıklar, pH seviyeleri ve yüzey aktif maddeler ve metal iyonlarının varlığında olmak üzere çeşitli koşullar altında kararlılıkları ile dikkat çeker ve bu da onları pratik uygulamalar için sağlam adaylar yapar (Keshmirshekan ve ark. 2024). *B. velezensis*, bitki patojenlerini baskılama ve bitki büyümesini teşvik etme yeteneği nedeniyle tarımda bir biyokontrol ajanı olarak kullanılır. Antimikrobiyal bileşikleri, pirinç kılıfı yanıklığı ve pirinç patlaması gibi hastalıkların yönetilmesine yardımcı olabileceği vurgulanmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde *B. velezensis*'in, bağırsaktaki zararlı patojenlerin bolluğunu azaltarak Nil tilapisi (*Oreochromis niloticus*) gibi balıklarda büyüme performansını ve hastalık direncini artırdığı gösterilmiştir (Zhang ve ark. 2019).

Bakteriler gibi doğal kaynaklardan antimikrobiyal metabolitlerin araştırılması, insanlarda, hayvanlarda ve bitkilerde patojen enfeksiyonlarıyla mücadele için en umut verici alternatiflerden biri olarak kabul

edilmektedir (Pournejati ve ark. 2019). Önceki çalışmalara dayanarak, *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. velezensis* ve *B. pumilus* grubu, antimikrobiyal metabolit üretimiyle ilişkili en yaygın bakteri gruplarından birisini temsil etmektedir (Ngalimat ve ark. 2021). Son yıllarda, *B. velezensis* türü doğal ortamdan izolasyonu ve tanımlanması giderek artmaktadır (Liu ve ark. 2020). Biyolojik kontrol ajanları olarak pratik uygulamasının yanı sıra, *B. velezensis* suşları tarafından üretilen aktif maddelerin anti-bakteriyel, anti-fungal ve anti-viral özelliklere sahip olduğu ortaya çıkarılmaktadır (Wang ve ark. 2021). Bu çalışmadaki *B. velezensis* ŞK_B3 özellikle gram-pozitif bakterilere karşı orta düzeyde antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Bu durum *B. velezensis* tarafından surfaktin ve fengycin gibi ikincil metabolitlerin üretimini vurgulayan önceki çalışmalarla uyumludur (Rabbee ve ark. 2019). Gram negatif bakterilere karşı azalmış aktivite ise antimikrobiyal ajanlara karşı gram negatif bakterilerin zar yapısından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır. *B. velezensis*'in gen dizileme verilerinin tamamı veya bir kısmı 2019 yılından itibaren NCBI veritabanında bulunmaktadır. Genom madenciliği, çeşitli antibakteriyel maddelerin geliştirilmesinde kullanılabilecek antibakteriyel madde senteziyle ilişkili gen kümelerinin tanımlanmasını kolaylaştırmış ve böylelikle *B. velezensis* gibi tarımsal uygulamalarda kullanıma potansiyeli yüksek suşların da önemli özellikleri belirlenebilmiştir (Grady ve ark. 2019). Bu nedenle, yeni *B. velezensis* ŞK_B3 suşunun genom dizilimi sekonder metabolitlerin senteziyle ilgili yeni gen kümelerinin tanımlanmasına olanak sağlayabilir. Bu çalışmada gözlemlenen antimikrobiyal aktivite, ŞK_B3'ün tarımda biyokontrol ajanı olarak ve farmasötiklerde yeni antibiyotik kaynağı olarak potansiyel uygulamalarını göstermektedir. Ancak aktif bileşikleri izole etmek ve karakterize etmek, minimum inhibitör konsantrasyon (MİK) analizleri yapmak ve biyoaktif metabolitlerin üretimini optimize etmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, bu çalışmada, kesin tanımlama için moleküler teknikler kullanarak, endemik *Allium tuncelianum* ile ilişkili topraktan *B. velezensis* başarılı bir

şekilde izole edilmiş ve tanımlanmıştır. İzole edilen suşun 16S rRNA gen dizilimi yoluyla kapsamlı karakterizasyonu, bunun *B. velezensis* ile taksonomik ilişkisini doğrulamış ve böylece *Allium tuncelianum* toprağıyla ilişkili mikrobiyal çeşitlilik hakkındaki bilgi birikimine katkıda bulunmuştur. *Bacillus* türlerinin yüksek enzimatik aktivitesi buldukları topraklardaki bitkilerin doğal savunma mekanizmalarını uyarılmasında rol oynayabilir. Bu bakımdan *B. velezensis* ŞK_B3 suşu gibi bağışıklık sistemini destekleyen *Allium tuncelianum* gibi bitki toprakları yeni antimikrobiyal maddeler için önemli bir kaynaklar olarak görülebilir. Gelecekteki araştırmalar, *B. velezensis* ŞK_B3 suşu gibi sekonder metabolit üretme özeliği bulunan ve el değmemiş doğal arazilerindeki bitkilerle sinerjik etkileri bulunan bakterilerdeki bu metabolitlerin etki mekanizmalarını daha iyi anlamak için ürettiği biyoaktif bileşiklerin biyokimyasal ve moleküler karakterizasyonuna odaklanmalıdır. Ayrıca izole edilmiş *B.velezensis* suşunun antimikrobiyal özelliklerinin araştırılması, bir dizi patojenik mikroorganizmaya karşı önemli önleyici etkiler ortaya çıkarmıştır. Gözlemlenen antimikrobiyal aktivite, *B. velezensis*'in tarımsal ve farmasötik uygulamalarda yeni antimikrobiyal ajanların veya biyokontrol ajanlarının geliştirilmesi için değerli bir kaynak olma potansiyelini vurgulamaktadır. Antibakteriyel metabolitlerinin nicel ve nitel değerlendirmeleri, uygulamasını optimize etmek için önemlidir. Biyoteknolojik potansiyelinin tam olarak kullanılabilmesi için ise daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209/A-Üniversite Öğrencileri Yurt İçi Araştırma Projeleri Destek Programı (Proje No: 1919B012220217) kapsamında desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Alenezi FN, Slama HB, Bouket AC, Cherif-Silini H, Silini A, Luptakova L ...Belbahri L (2021) *Bacillus velezensis*: a treasure house of bioactive compounds of medicinal, biocontrol and environmental importance. *Forests*, 12(12):1714. <https://doi.org/10.3390/f12121714>
- Allen HK, Levine UY, Looft T, Bandrick M, Casey TA (2013) Treatment, promotion, commotion: antibiotic alternatives in food-producing animals. *Trends Microbiol.*, 21:114–119. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tim.2012.11.001>
- Alyousif NA (2022) Distribution, occurrence and molecular characterization of *Bacillus* related species isolated from different soil in Basrah Province, Iraq. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(2). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230209>

- Bartoš O, Chmel M, Swierczková I (2024) The overlooked evolutionary dynamics of 16S rRNA revises its role as the “gold standard” for bacterial species identification. *Scientific Reports*, 14(1):9067. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59667-3>
- Bektas I, Yazdıç FC, Kusek M (2024) Molecular characterization of apple endophytic bacteria and biological effect on Alternaria rot on apple. *Journal of Phytopathology*, 172(3):e13323. <https://doi.org/10.1111/jph.13323>
- Byun H, Brockett MR, Pu Q, Hrycko AJ, Beld J, Zhu J (2023) An intestinal *Bacillus velezensis* isolate displays broad-spectrum antibacterial activity and prevents infection of both gram-positive and gram-negative pathogens in vivo. *Journal of Bacteriology*, 205(6):e00133-23. <https://doi.org/10.1128/jb.00133-23>
- Cao Y, Pi H, Chandransu P, Li Y, Wang Y, Zhou H, Xiong H, Helmann JD, Cai Y (2018) Antagonism of two plant-growth promoting *Bacillus velezensis* isolates against *Ralstonia solanacearum* and *Fusarium oxysporum*. *Sci. Rep.*, 8: 4360. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22782-z>
- Collins CH, Lyne PM (1970) Microbiological methods.
- Dunlap CA, Kim SJ, Kwon SW, Rooney AP (2016) *Bacillus velezensis* is not a later heterotypic synonym of *Bacillus amyloliquefaciens*; *Bacillus methylotrophicus*, *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* and ‘*Bacillus oryzicola*’ are later heterotypic synonyms of *Bacillus velezensis* based on phylogenom. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 66: 1212–1217. <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.000858>
- Fan B, Blom J, Klenk HP, Borriss R (2017) *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus velezensis*, and *Bacillus siamensis* form an “operational group *B. amyloliquefaciens*” within the *B. subtilis* species complex. *Front. Microbiology*, 8:22. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00022>
- Fazle Rabbee M, Baek KH (2020) Antimicrobial activities of lipopeptides and polyketides of *Bacillus velezensis* for agricultural applications. *Molecules*, 25(21):4973. <https://doi.org/10.3390/molecules25214973>
- Grady EN, MacDonald J, Ho MT, Weselowski B, McDowell T, Solomon O (2019) Characterization and complete genome analysis of the surfactin-producing, plant-protecting bacterium *Bacillus velezensis* 9D-6. *BMC Microbiology*, 19:1-14. <https://doi.org/10.1186/s12866-018-1380-8>
- Guo Y, Zhou J, Tang Y, Ma Q, Zhang J, Ji C (2020) Characterization and genome analysis of a zearalenone-degrading *Bacillus velezensis* strain ANSB01E. *Curr. Microbiol.*, 77:273–278. <https://doi.org/10.1007/s00284-019-01811-8>
- Karaman A, Taşar N, Yazdıç FC, Gedik O (2023) *Hypericum* L. cinsine ait bazı türlerin uçucu yağlarının antibakteriyel etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(1):73-79. <https://doi.org/10.21597/jist.1136935>
- Keshmirshakan A, de Souza Mesquita LM, Ventura SP (2024) Biocontrol manufacturing and agricultural applications of *Bacillus velezensis*. *Trends in Biotechnology*, 42(8):986-1001. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2024.02.003>
- Khalid F, Khalid A, Fu Y, Hu Q, Zheng Y, Khan S (2021) Potential of *Bacillus velezensis* as a probiotic in animal feed: a review. *Journal of Microbiology*, 59:627-633. <https://doi.org/10.1007/s12275-021-1161-1>
- Li S, Hu J, Ning S, Li W, Jiang R, Huang J, Li Y (2024) *Bacillus velezensis* HY19 as a sustainable preservative in post-harvest citrus (*Citrus reticulata* Blanco L.) fruit management. *Food Control*, 155:110068. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110068>
- Liu Y, Teng K, Wang T, Dong E, Zhang M, Tao Y, Zhong J (2020) Antimicrobial *Bacillus velezensis* HC6: production of three kinds of lipopeptides and biocontrol potential in maize. *Journal of Applied Microbiology*, 128 (1):242-254. <https://doi.org/10.1111/jam.14459>

- Liu Y, Yin C, Zhu M, Zhan Y, Lin M, Yan Y (2024) Comparative genomic analysis of *Bacillus velezensis* BRI3 reveals genes potentially associated with efficient antagonism of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. *Genes*, 15(12):1588. <https://doi.org/10.3390/genes15121588>
- Marshall BM, Levy SB (2011) Food animals and antimicrobials: impacts on human health. *Clin. Microbiol. Rev.*, 24:718–733. <https://doi.org/10.1128/cmr.00002-11>
- Mauti EM, Mauti GO, Ouno GA, Mabeya BM, Kiprono S (2013) Molecular identification of soil bacteria by 16srDNA sequence. *J. Natural Sci. Res*, 3(14): 51-58.
- McHugh TA, Compson Z, van Gestel N, Hayer M, Ballard L, Haverty M (2017) Climate controls prokaryotic community composition in desert soils of the southwestern United States. *FEMS Microbiology Ecology*, 93(10):fix116. <https://doi.org/10.1093/femsec/fix116>
- Ngalimat MS, Yahaya RSR, Baharudin MMA, Yaminudin SM, Karim M, Ahmad SA, Sabri S (2021) A review on the biotechnological applications of the operational group *Bacillus amyloliquefaciens*. *Microorganisms*, 9(3):1–18. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030614>
- Pereira JQ, Ritter AC, Cibulski S, Brandelli A (2019) Functional genome annotation depicts probiotic properties of *Bacillus velezensis* FTC01. *Gene*, 713:143971. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2019.143971>
- Pournejati R, Gust R, Reza H, Heidari K (2019) An aminoglycoside antibacterial substance, S-137-R, produced by newly isolated *Bacillus velezensis* strain RP137 from the Persian Gulf. *Curr Microbiol*, 76(9):1028–37. <https://doi.org/10.1007/s00284-019-01715-7>
- Rabbee MF, Ali MS, Choi J, Hwang BS, Jeong SC, Baek K (2019) *Bacillus velezensis*: a valuable member of bioactive molecules within plant microbiomes. *Molecules*, 24:046. <https://doi.org/10.3390/molecules24061046>
- Rabbee MF, Hwang BS, Baek KH (2023) *Bacillus velezensis*: a beneficial biocontrol agent or facultative phytopathogen for sustainable agriculture. *Agronomy*, 13(3):840. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030840>
- Ruiz-García C, Bejar V, Martínez-Checa F, Llamas I, Quesada E (2005) *Bacillus velezensis* sp. nov., a surfactant-producing bacterium isolated from the river Vélez in Málaga, Southern Spain. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55(1):191-195. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.63310-0>
- Taghavi S, Montazeri EA, Zekavati R, Saffarian P (2023) Identification of a new compound (4-fluoro-2-trifluoromethyl imidazole) extracted from a new halophilic *Bacillus aquimaris* strain persiangulf ta2 isolated from the Northern Persian Gulf with broad-spectrum antimicrobial effect. *Iranian Journal of Biotechnology*, 21(4):e3359. <https://doi.org/10.30498/ijb.2023.338788.3359>
- Taşar N, Yazdıç FC, Karaman A, Gedik O (2023) Determining the antimicrobial activities of the essential oils of some taxa used as thyme. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, 7(2):52-55.
- Tu M, Zhu Z, Zhao X, Cai H, Zhang Y, Yan Y (2024) The versatile plant probiotic bacterium *Bacillus velezensis* SF305 reduces red root rot disease severity in the rubber tree by degrading the mycelia of *Ganoderma pseudoferreum*. *Journal of Integrative Agriculture*, 24(8): 3112–3126. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.09.027>
- Wang C, Zhao D, Qi G, Mao Z, Hu X, Du B, Liu K, Ding Y (2020) Effects of *Bacillus velezensis* FKM10 for promoting the growth of *Malus hupehensis* rehd. and inhibiting *Fusarium verticillioides*. *Frontiers in Microbiology*, 10:2889. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02889>
- Wang B, Liu C, Yang X, Wang Y, Zhang F, Cheng H, Zhang L, Liu H (2021) Genomics-guided isolation and identification of active secondary metabolites of *Bacillus velezensis* BA-26. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35(1):895-904. <https://doi.org/10.1080/13102818.2021.1934540>
- Yazdıç FC, Karaman A, Yazdıç F (2018) Farklı enerji kaynaklarında geliştirilen bazı bacillus suşları tarafından üretilen sekonder metabolitlerin antimikrobiyal etkisi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6 (10):1437-1443. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i10.1437-1443.2066>
- Yazdıç FC, Karaman A, Torgut G, Ayhan NK (2023) Antibacterial activity of novel synthesized chitosan-graft-poly (N-tertiary butylacrylamide)/neodymium composites for biomedical application. *Journal of Basic Microbiology*, 63(9):1049-1056. <https://doi.org/10.1002/jobm.202300004>
- Zhang D, Gao Y, Ke X, Yi M, Liu Z, Han X, Shi C, Lu M (2019) *Bacillus velezensis* LF01: in vitro antimicrobial activity against fish pathogens, growth performance enhancement, and disease resistance against streptococcosis in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103:9023-9035. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10176-8>

Toprak Organik Karbonu Ölçek Küçültme İşlemi İçin Farklı Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Karşılaştırılması: Kahramanmaraş/Ekinözü İlçesi Örneklem Alanı

Comparison of Different Machine Learning Algorithms for Soil Organic Carbon (SOC) Downscaling Process: Kahramanmaraş/Ekinözü District Sampling Area

Esin KARAMANLI*¹ 

*¹Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1638494](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1638494)

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Esın KARAMANLI

e-mail: esin.karamanli@gmail.com

Geliş tarihi / Received

12.02.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

22.07.2025

Kabul tarihi / Accepted

27.07.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Toprak organik karbonu
Konumsal ölçek küçültme
Çevresel ortak değişkenler
Dijital toprak haritalama
Makine öğrenmesi

Keywords:

Soil organic carbon
Spatial downscaling
Environmental covariates
Digital soil mapping
Machine learning

Özet

Bu çalışma son zamanlarda dijital toprak haritalama alanında öne çıkan makine öğrenmesi algoritmalarının, çevresel ortak değişkenlere dayalı konumsal ölçek küçültme işlemi model performanslarının karşılaştırmasını sağlamak üzere kurgulanmıştır. R-Studio 4.4.2 ortamında gerçekleştirilen model denemeleri Kahramanmaraş'ın Ekinözü ilçesi idari sınırları içerisinde kalan alanı kapsamaktadır. 250 m çözünürlüğe sahip toprak organik karbonu katmanı tüm çalışma alanı için 30 m konumsal çözünürlükte düzenlenen çevresel ortak değişkenler (eğim, topografik ıslaklık indeksi, yükseklik, sıcaklık, nisbi nem, net birincil üretim, normalize edilmiş fark vejetasyon indeksi, pankromatik band) kullanılarak 30 m konumsal çözünürlükteki versiyonuna dönüştürülmüştür. Tüm model denemeleri neticesinde doğrusal ve doğrusal olmayan makine öğrenmesi algoritmalarına dayalı modellerin tahmin performansları karşılaştırılmış ve doğrusal olmayan algoritmalarla kurulan modellerin diğerlerine göre oldukça anlamlı bir farkla üstün olduğu görülmüştür. Elde edilen bulgular, Rassal Orman Algoritmasına (ROA) dayalı modelin (RMSE=3.23, MAE=3.88 ve R²=0.69); Yapay Sinir Ağları, Karar Ağaçları ve Destek Vektör makineleri de dahil olmak üzere karşılaştırılan doğrusal olmayan diğer makine öğrenmesi algoritmalarına kıyasla daha üstün bir performans sergilediğini göstermiştir. Bu sonuçlar, Ekinözü ilçesi ve çevresindeki alanlarda toprak organik karbon içeriğinin haritalanması amacı ile yapılacak çalışmalarda ROA'nın potansiyel olarak en uygun istatistiksel araç olduğunu düşündürmektedir.

Abstract

This study aimed to compare the performance of a spatial downscaling model based on environmental covariates with machine learning algorithms, which have recently gained prominence in digital soil mapping. The model trials performed in the R-Studio 4.4.2 environment cover the area within the administrative boundaries of the Ekinözü district of Kahramanmaraş. The soil organic carbon layer at 250 m resolution was converted to the 30 m resolution version by using the environmental covariates (slope, topographic wetness index, digital elevation model, temperature, relative humidity, net primary productivity, normalized difference vegetation index, panchromatic band) arranged for the entire study area at 30 m spatial resolution. As a result of all model trials, the predicted performances of models based on linear and non-linear machine learning algorithms were compared and it was seen that the models established with non-linear algorithms were superior to the others by a significant difference. The findings showed that the Random Forest Algorithm (RFA) based model performed better (RMSE=3.23, MAE=3.88 ve R²=0.69) compared to other nonlinear machine learning algorithm, including Artificial Neural Network (ANN), Decision Trees, and Support Vector Machine (SVM). These results suggest that RFA is potentially the most appropriate statistical tool for the studies to be carried out to map the soil organic carbon content in Ekinözü district and surrounding areas.

GİRİŞ

Toprak Organik Karbonu (TOK), toprakta doğal olarak bulunan bitki ve hayvan kalıntılarının ayrışmasıyla oluşan organik bileşikler içinde depolanan karbonu (Lal 2004, IPCC 2006) ifade eder. Depolanan karbon, toprak kalitesi, verimlilik ve küresel karbon döngüsü açısından kritik bir öneme sahiptir. Bunun en büyük nedeni toprakların en

büyük karasal organik karbon havuzu olmasıdır (Evlıyaoğlu 2019, Jungkunst ve ark. 2022). Türkiye toprakları; jeolojik yapıya, iklim koşullarına, arazi kullanımı ve yönetimine bağlı olarak farklı miktarlarda TOK içermektedir (ÇEM 2018). IPCC (2006)'ye göre; topraklardaki organik madde içeriğini izlemek, tahmin etmek ve ölçmek için kullanılan teknikler, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) envanter

raporu kapsamında kullanılan “Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımı Değişikliği ve Ormancılık için İyi Uygulama Klavuzu (GPG-LULUCF)” referans alınarak hesaplanmalıdır (Mirici 2017). Bu klavuza göre karbon (C) içeriği, silindirik toprak kesitlerinin (Tier 1 varsayımına için 30 cm, Tier 2 varsayımı için 30 cm üzeri derinlikte) laboratuvar ortamlarında analiz edilmesi ile elde edilmekte ve çeşitli interpolasyon yöntemleri ile noktasal veri setleri konumsal veriye dönüştürülmektedir (IPCC 2003). Geniş çalışma alanları için yeterli sayıda toprak kesiti temin etmenin zorluğu (Kılıç ve ark. 2022, Karamanlı 2024) sebebiyle, az sayıda örneklem noktası ile gerçekleştirilen interpolasyon denemeleri düşük konumsal çözünürlükte ve doğrulukta TOK altlıkları üretmesine neden olmaktadır.

Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi 12. Taraflar Konferansında (UNCCD COP12), 2030 yılına kadar ülkelerin gönüllü olarak belirttikleri Arazi Tahribatının Dengelenmesi (ATD) hedefleri için izlenmesi gereken 3 küresel göstergeden (Arazi Örtüsündeki Değişiklikler, Toprak Verimliliği Dinamikleri ve Toprak Organik Karbonu) biri TOK olarak belirlenmiştir (ÇEM 2018). İklim değişikliğinin hafifletilmesi açısından, diğer karbon-bazlı sera gazları gibi topraktaki organik karbon serbest kalır ise bu durum büyük ölçüde kendi kendini güçlendiren TOK-İklim etkileşimine yol açacaktır (Jungkunst ve ark. 2022). Bu etkileşimde, karbonun havada serbest dolaşımındaki artış, güneşten dünyaya gelen ışınların hapsolmesine neden olarak küresel ısınma etkisinin güçlenmesine yol açmaktadır (Akın 2006). Bu nedenle toprak organik karbon stok miktarının belirlenmesi, zamansal ve konumsal değişimlerin neden olduğu stok kayıplarının bertaraf edilmesi, optimal arazi kullanım dönüşüm stratejileri ile mevcut kapasitelerinin artırılması, sürdürülebilir arazi kullanım eylemlerinin geliştirilebilmesi için oldukça önemlidir. Bu kapsamda gerçekleştirilen en önemli çalışma Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM) tarafından hazırlanan “Türkiye Toprak Organik Karbonu Projesi Teknik Özeti” ile paylaşılmıştır. Bu rapor ile Türkiye için hazırlanan 250 m konumsal çözünürlüğe sahip TOK stok altlığı paylaşılmıştır. Ancak 250 m çözünürlüğe sahip TOK stok altlıklarının, son zamanlarda arazinin karbon tutumu ve diğer ekosistem servislerine dayalı sürdürülebilir yönetimine çözüm olarak geliştirilen arazi kullanım tahsis

optimizasyonu problemlerinin çözümlemesinde (Wu ve ark. 2018, Huang ve ark. 2021, Chen ve ark. 2023) belirleyici parametre olarak kullanılması ve ilgili politikaların gelişimine katkı sağlaması (O'Rourke ve ark. 2015) uygun görülmemektedir. Genetik algoritma, parçacık sürü optimizasyonu, benzetilmiş tavlama, karınca kolonisi optimizasyonu vb. algoritmalara dayalı olarak çözümlenen bu problemlerde genel olarak kabul edilen konumsal çözünürlük 10 m, 25 m veya 30 m olarak belirlenmektedir (Liu ve ark. 2012). Bu durum ülkemiz için hazırlanan TOK altlıklarının daha yüksek çözünürlüğe sahip versiyonlarının hazırlanmasını gerekli kılmaktadır. İlgili literatürde ölçek küçültme (downscaling) olarak adlandırılan bu dönüşüm süreci (Roudier ve ark. 2017) farklı konumsal ölçeklerde toprağa karakter kazandıran değişkenler tarafından kontrol edilebilmektedir (Aşkın ve ark. 2014). Arazinin bitki örtüsü, iklim, topoğrafya ve fiziksel-kimyasal-biyolojik diğer toprak özellikleri gibi TOK içeriği ile doğrusal bir ilişkiye sahip olmayan (Kılıç ve ark. 2022) değişkenleri, Makine Öğrenmesi (ML) modelleri ile yüksek doğruluklu çözümlenmelere olanak tanımaktadır. Böylelikle, hassas ölçekli değerlerin kaba ölçekli değerlerin açıklayıcısı olduğu varsayılarak, belirlenen ölçekte varyasyonunun restorasyonu gerçekleştirilir (Hong ve ark. 2011). Süreç istenilen çözünürlükte mevcut bilgiyi (bağımsız değişken kümesi) kullanarak kaba çözünürlüklü verinin (bağımlı değişken) hassas çözünürlüğe indirgenmesi olarak da adlandırılır.

İlgili literatürde, Lineer Regresyon (Pahlavan ve ark. 2017), Rastgele Orman Algoritması (Liaw ve Wiener 2002), Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makinaları (Tripathi ve ark. 2006), Elastik Net Regresyon (Vandal ve ark. 2019), Lasso Regresyon (He ve ark. 2019), Karar Ağaçları (Nourani ve ark. 2019) ve Ridge Regresyon (Cannon 2008) dijital toprak haritalama ve diğer alanlarda farklı tür verilerin ölçek küçültme işlemleri için kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Gelişmiş ML algoritmalarının jeostatistik biliminde kullanımının yaygınlaşması, toprak örnekleri ile konumsal bağımlılık gösteren, örnekleme yapılmamış nokta ve alanlarda tahmin performanslarının gelişmesine ve dolayısıyla ölçek küçültme işlemlerinin başarı yüzdelerinin artmasına neden olmaktadır. Ancak birçok farklı ML algoritmasının bulunması ve indikatör olarak kullanılan çevresel ortak

değişken kümesinin çalışma alanlarının karakteristik yapısına dayalı olarak değişkenlik gösterebilmesi, ölçek küçültme işlemleri için model kurulum aşamalarını belirsizliklerle dolu-karmaşık süreçlere dönüştürebilmektedir. Bu sebeple Türkiye'nin farklı bölgelerinde TOK stok altlıklarının daha hassas çözümlüklerde hazırlanmasına olanak tanıyan ölçek küçültme denemelerin nispeten küçük çalışma alanları için gerçekleştirilmesi, ulusal ölçekte ideal model ve değişken kümelerinin belirlenebilmesi için önemli görülmektedir. Bu doğrultuda Kahramanmaraş'ın Ekinözü ilçesinin çalışma alanı olarak belirlendiği bu çalışmanın amaçları:

- Örneklem alanı ve yakın çevresinde gerçekleştirilebilecek TOK altlığı ölçek küçültme işlemleri için ideal bağımsız değişken (temsilci veri seti) grubunu belirlemek,
- Jeostatistiksel tabanlı modellemelerde yüksek doğruluk skorları ile öne çıkan ML algoritmalarının performanslarını karşılaştırarak ideal model yaklaşımını bulmaktır.

YÖNTEM

Çalışma Alanı

Kahramanmaraş il merkezine 173 kilometre, Elbistan ilçe merkezine ise 20 kilometre uzaklıkta konumlanan (Vikipedi 2025) Ekinözü ilçesi $37^{\circ}09'15''$ - $36^{\circ}09'15''$ Kuzey-Güney boylamları ve $37^{\circ}12'13''$ - $36^{\circ}16'86''$ Doğu-Batı enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Doğusunda Nurhak, batısında Göksun, kuzeyinde Elbistan ve güneyinde Çağlayancerit ilçeleri ile çevrelenmiştir. İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinin tipik özellikleri gösteren (TCKV 2025); yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kurak "Bozkır İklimi" etkindir (Yavuz 2023). 1200 metre rakımda bulunan ilçe, sınırları içerisinde 17 köy, 77 mezra barındırmaktadır. Tarım, mera, yerleşim alanları, orman arazileri, sulak alanlar-su yüzeyleri ve çıplak yüzey alanları ile Türkiye topraklarının en fazla TOK içeriğini bünyesine barındıran 6 farklı arazi örtüsü-arazi kullanım türüne (ÇEM 2018) sahip olan ilçe, 692 km² alana yayılmıştır (TCKV 2025).



Şekil 1. Ekinözü İlçesi Çalışma Alanı- Ülke/il Sınırları İçerisindeki Konumu

Veri Seti

Literatürde toprak organik karbonu ile gerçekleştirilen bazı ölçek küçültme işlemleri incelenerek bu çalışmalarda kullanılan çevresel ortak değişkenler (TOK' u temsil eden bağımsız değişken kümesi) belirlenmiştir. Muñoz-Rojas ve ark. (2013) çalışmalarında kaba çözünürlüklü toprak organik karbonunun tanımlayıcıları olarak hassas çözünürlüklü sıcaklık, yükseklik, eğim, nem ve drenaj altlıklarını analizlerine dahil etmişlerdir. Roudier ve ark. (2017) normalize edilmiş fark vejetasyon indeksi (NDVI), topografik ıslaklık indeksi (TWI), dijital yükseklik modeli (DEM), eğim, net birincil üretim (NPP) ve potasyum altlıklarını, Bechini ve ark. (2011) ortalama yıllık sıcaklık, toprak-su içeriği ve toprağın işlenme türünü çalışmalarına entegre etmişlerdir. Xu ve ark. (2017) ise çalışmalarında pankromatik uzaktan algılama spektral indisinin toprak tahmin modellerinde potasyum ve azotun indikatörü olarak kullanılabilmesini ve aralarında yüksek bir korelasyon bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu sebeple, bu

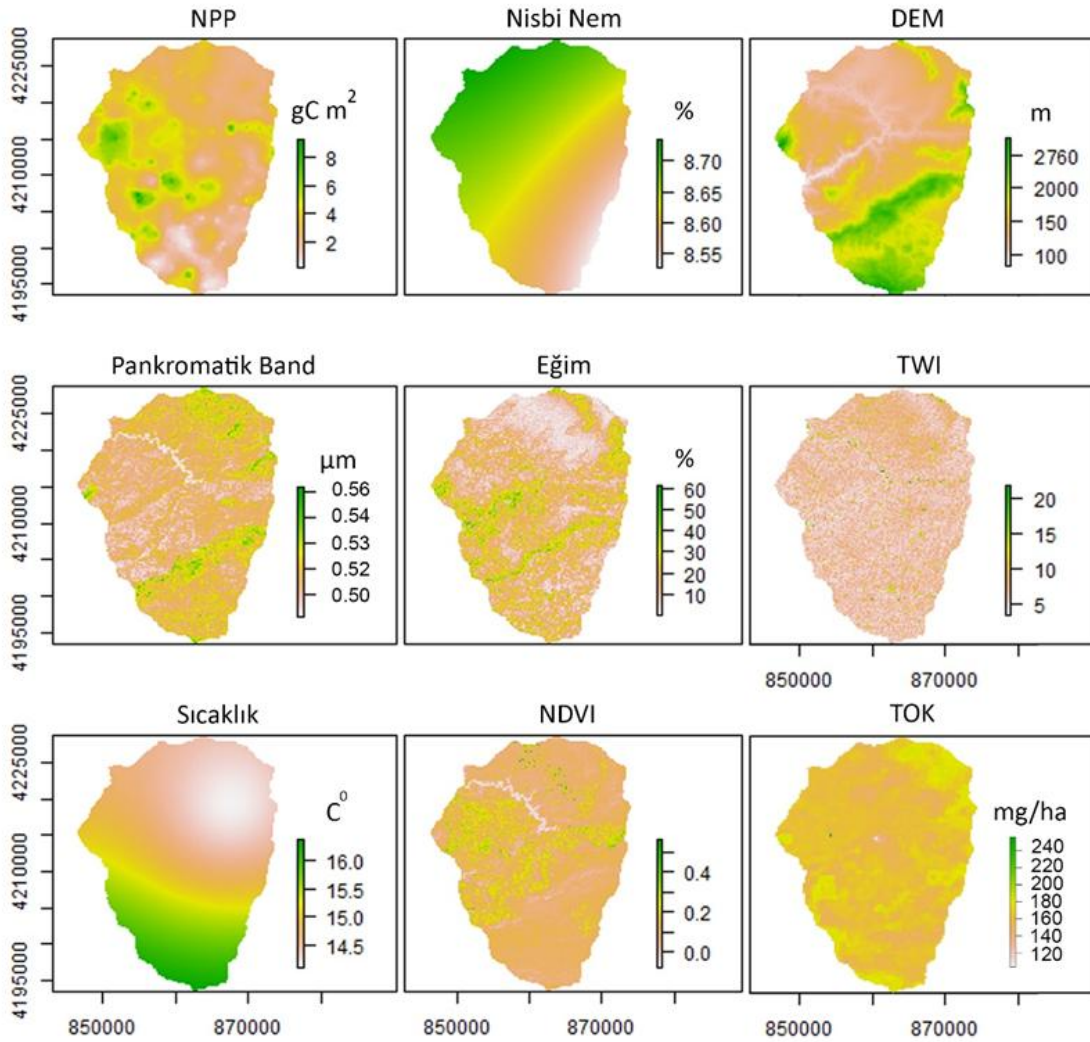
çalışmada toprak organik karbon verisinin çevresel ortak değişkenleri olarak 30 m çözünürlüklü TWI, NDVI, pankromatik band, yükseklik, nispi nem, sıcaklık ve NPP indikatörleri kullanılarak ölçek küçültme işlemi gerçekleştirilmiştir. Burada NPP, küresel ve bölgesel ölçekte karbon dinamiklerinin dağılımı ve ekosistem performansı için en önemli göstergedir. Birim alan ve zamana düşen yeşil bitkilerin fotosentezi ile ototrofik solunumu değerleri arasındaki fark olarak tanımlanır. Aynı zamanda birim alan ve zamana bitki biyokütlesine kazandırılan net karbon miktarını ifade eder (Dönmez 2012). TWI, arazi yükseklik modeli, akış yönü ve akış birikim düzeyi ile ilişkili olarak toprak nem içeriğini ifade eden indekstir (Kopecký ve ark. 2021). NDVI ise herhangi bir alanda yer alan bitki örtüsünün yoğunluğu, sağlıklı veya sağlıklı olmama durumunu ortaya koyan indekstir (Goward ve ark. 1991). Bu çalışma kapsamında kullanılan TOK verisi ve çevresel ortak değişkenlerin nasıl/nereden temin edildiği Çizelge 1'de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Ölçek küçültme işlemi için kullanılan tok verisi ve çevresel ortak değişken kümesi

Veri Türü	Veri Temini
TWI	Kopecký ve ark. (2021)'in çalışmalarında tanımlanan yöntem ile 30 m çözünürlüklü topografik ıslaklık indeksi hazırlanmıştır. (TWI:ln(upslope/tan slope))
NDWI	Landsat 8-9 Operational Land Imager (OLI) Band 4 Red (0.64-0.67 µm) 30 m ve Band 5 Near-Infrared (0.85-0.88 µm) 30 m kullanılarak elde edilmiştir. (NDVI:band 5-band4/band5+band4)
NPP	MODIS/Terra Net Primary Production Gap-Filled Yearly L4 Global 500m SIN Grid V061 verisinin 30 m çözünürlüklü versiyonu elde edilmiştir.
Pankromatik Band	Landsat 8-9 panchromatic 0.50-0.68 micrometers 15m çözünürlüklü band yeniden örneklendirilerek (resample) 30 m çözünürlüğe dönüştürülmüştür.
Eğim	ASTER Global DEM WGS84/GTMV003_N37E036 olarak tanımlı 30 m çözünürlüklü veriden türetilmiştir.
Yükseklik	ASTER Global DEM WGS84/GTMV003_N37E036 olarak tanımlı 30 m çözünürlüklü veriden türetilmiştir.
Sıcaklık	2024 yılı günlük sıcaklık değerlerinin (AccuWeather 2024) ortalamaları ile Ters Mesafe Ağırlıklandırma (Inverse Distance Weighting (IDW)) yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.
Nisbi Nem	NASA (2025) aracılığı ile 30 m çözünürlüklü nisbi nem altlığı temin edilmiştir.
TOK	World Soils 250 m Soil Organic Carbon (Esri 2025)

Çizelge 1'de paylaşılan tüm çevresel ortak değişkenler 30 m konumsal çözünürlükte ve özdeş coğrafi referans ile hazırlanarak, farklı veri türleri arasında konumsal tutarsızlıktan kaynaklı sorunların model performansını etkilemesinin önüne geçilmiştir. 250 m çözünürlükteki toprak organik karbon verisi (bağımlı değişken) ise Esri (2025) aracılığı ile temin edilerek ML modellerinin kurulumu için hazır hale getirilmiştir. 30 m konumsal

çözünürlükte hazırlanan NPP, nisbi nem, DEM, pankromatik band, eğim, sıcaklık, NDVI ve NPP çevresel ortak değişkenleri ve 250 m konumsal çözünürlüğe sahip TOK verisi, model eğitimi ve tahmin işlem basamakları için RStudio 4.4.2 ortamına (Şekil 2) entegre edilmiştir.



Şekil 2. Çevresel ortak değişkenler (30 m) ve TOK verisi (250 m)

Model Performanslarının Karşılaştırılması

Doğrusal ve doğrusal olmayan ML algoritmaları (Çizelge 2) kullanılarak kurulan modeller ile en yüksek tahmin performansına sahip 30 m konumsal çözünürlükte TOK verisinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Model tahminlerinin geçerli kabul edilebilmesi için veri setinin boyutu Cochran's örneklem sayısı (Woolson ve ark. 1986) ile belirlenmiştir. Ölçek küçültme işlemi model performanslarını etkilenmemesi için çevresel ortak değişkenler ve TOK verisi üzerindeki özdeş konumlu örneklem noktalarından elde edilen veri setinin, Varyans Enflasyon Faktörleri "VIF testi" uygulanarak kontrol edilmiş ve çoklu doğrusallık problemi olup olmadığı incelenmiştir. Tüm veri seti eğitim (%80) ve test (%20)

verisi olarak ayrıştırılmış, ML algoritmaları kullanılarak eğitilen modellerin tahmin performansları test verisi kullanılarak sağlanmıştır. Çizelge 1'de belirtilen çevresel ortak değişkenler (30 m) ve TOK verisi (250 m) Çizelge 2'de belirtilen 8 farklı ML algoritması ile yordanarak model tahminleri incelenmiştir. RStudio 4.4.2 ortamında gerçekleştirilen "VIF testi" ve model denemeleri için her bir model kurulumunda ilgili regresyon türüne ait parametrelerin güncellenmesi ve veri setinin standardize edilip edilmemesi gibi farklılıklarla modellerin farklı versiyonlarına ait tahmin sonuçları elde edilmiştir. En ideal sonuca ulaşmak için gerçekleştirilen denemeler 21 farklı analiz yürütülmesini gerektirmiştir. Bu aşamada kullanılan regresyon türleri ile ilgili özet bilgi Çizelge 2'de paylaşılmıştır.

Çizelge 2. Ölçek küçültme işlemi için kullanılan regresyon türleri

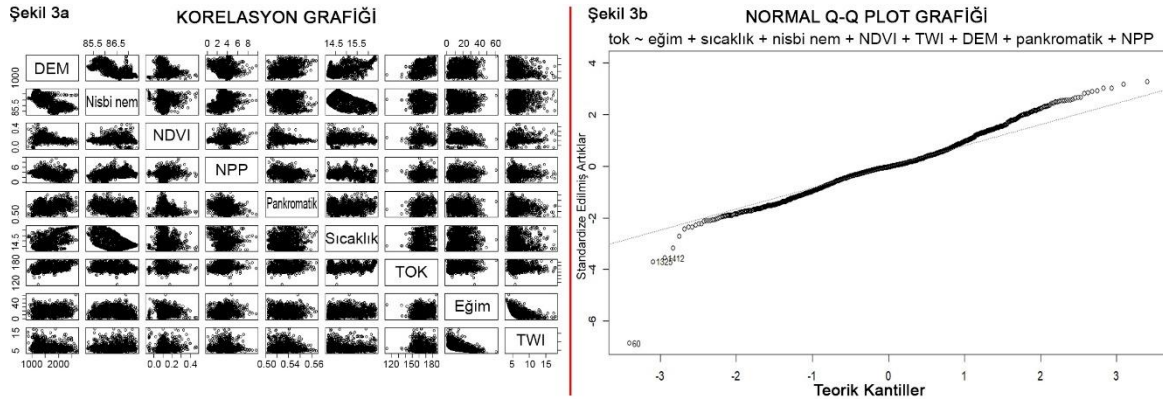
Metot	Açıklama
Ridge Regresyon	Çoklu doğrusal regresyonda sıklıkla ortaya çıkan aşırı öğrenme (overfitting) sorununu çözmek için kullanılan popüler bir tahmin yöntemidir. En küçük kareler yöntemine dayanır (McDonald 2009).
Lasso Regresyon	Değişkenler üstüne ceza terimi uygulanması ile bazı değişkenleri sıfıra indirgeyerek çalışmaktadır (Orhan ve Vergili 2022).
Elastik Net Regresyon	Değişken seçimini ile lineer regresyon için bir düzenleme prosedürüdür. Lasso ve Ridge düzlemlerini birleştirerek kullanır. İki farklı düzlemde terimini karşıladığı için “elastik” adını alır (Hans 2011).
Lineer Regresyon	Doğrusal regresyon “y” olarak isimlendirilen bir bağımlı değişkenle “x” olarak ifade edilen bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi modelleme yaklaşımıdır (Kılıç 2013).
Destek Vektör Makinesi	Yüksek hacimli bir eğitim seti ile karşılaştığında farklı sınıflara ait örnekleri birbirinden en iyi şekilde ayıracak doğrusal bir hiper düzlemin bulunmasına yardımcı olan denetimli makine öğrenimi algoritmasıdır (Ayhan ve Erdoğan 2014).
Yapay Sinir Ağları	İnsan beyninin öğrenme ve hızlı karar verebilme gibi yeteneklerinin, basitleştirilmiş modeller yardımıyla karmaşık problemlerin çözümünde kullanılmasını amaçlamaktadır (Ataseven 2013).
Karar Ağaçları	Yoğun hesaplama gerektiren, regresyon problemlerine uygulanabilen yöntemlerden biridir. Geniş bir kayıt koleksiyonunu basitleştirerek küçük kayıtlara böler ve her düğüm için yeni bir karar alarak sonuca ulaştırır (Ercan ve Irmak 2022).
Rassal Orman Algoritması	Ağaç tipi sınıflandırıcılar arasında yer alır. Tüm değişkenler arasından en iyi dalı kullanarak her bir düğümü dallara ayırmak yerine, her bir düğümde rastgele olarak seçilen değişkenler arasından en iyisini kullanarak ayırıştırma sağlar (Akar ve Güngör 2012).

Test verileri ve bu verilere karşılık gelen tahmin değerleri arasında incelenen model performansları, tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki mutlak farkı ifade eden “Ortalama Mutlak Hata” (MAE), hata karelerinin ortalamasının karekökünü ifade eden “Kök Ortalama Kare Hatası” (RMSE) ve bağımlı değişkenin (TOK) bağımsız değişkenler (çevresel ortak değişkenler) tarafından tahmin gücünü ortaya koyan “R-Kare” (R^2) değerleri (Gültekin ve Doğan 2023) karşılaştırılarak incelenmiştir. En düşük RMSE ve MAE değerleri ile en yüksek R^2 değeri en ideal sonuca ulaşmamızı sağlamıştır.

BULGULAR

Çalışma alanının büyüklüğüne dayalı Cochran’s örneklem sayısı 222 olarak hesaplanmıştır. VIF testi neticesinde, her bir değişkenin bir diğer değişken ile kurduğu korelasyon skorları incelendiğinde NDVI ve TWI’nin “ $p=0.1$ ” ve diğer değişkenler için “ $p=0$ ” gözlemlenmiştir. TWI ve NDVI hariç gözlemlenen değerler kabul edilen eşik değerden (0.05) (Akbulut 2022) küçük (p -value<0.05) olduğu için veri setinin şans eseri bir bütün oluşturma olasılığı oldukça

düşük yani anlamlı çıkmıştır. Tüm veri seti için VIF değeri ise “7.41” tespit edilmiştir. Bu değer 10’un altında (Tatlıdil 1992, Albayrak 2008) olduğu için TWI ve NDVI doğrudan veri setinden çıkartılmamış ancak model performanslarını etkileyip etkilemediklerini izlemek için çıkartılarak da denemeler gerçekleştirilmiştir. Model kurulumları öncesi veri setinin normallığı incelenerek (Şekil 3) analize uygun olup olmadığına karar verilmiştir. Şekil 3a ham veri seti içerisindeki değişkenlerin birbirleri ile olan korelasyon ilişkilerini ifade etmektedir. Görsel üzerinde de görüldüğü gibi NDVI ve TWI kare veya dikdörtgene yakın bir dağılım yerine diğer veri türlerine göre daha konik bir dağılım göstermektedir. Veri aralıklarını normal dağılım ile kıyaslayan normal Q-Q plot grafiği ise (Pallant 2024) veri setinin normal dağılıma sahip olup olmadığını görsel olarak ifade etmek için oluşturulmuştur (Şekil 3b). Grafik üzerinde görüldüğü gibi veri setinin önemli ölçüde 45 derecelik referans çizgisi üzerinde normal dağılıma sahip olduğu gözlemlenmiştir. Referans çizgi üzerinde bulunmayan aykırı noktalar (1325, 1412 vb.) veri setinden çıkarılan anomalileri göstermektedir.



Şekil 3. Veri seti içerisindeki korelasyon ilişkileri (3a) ve Normalliğin dağılımı (3b)

Ön işlem aşamaları sonrasında veri setinin bağımsız değişken kümesi ile etkileşimli olarak yürütülen analizleri, aynı model ve farklı parametreler ile farklı doğruluk

değerlerine sahip çözümlere ulaşılmasını sağlamıştır (Çizelge 3).

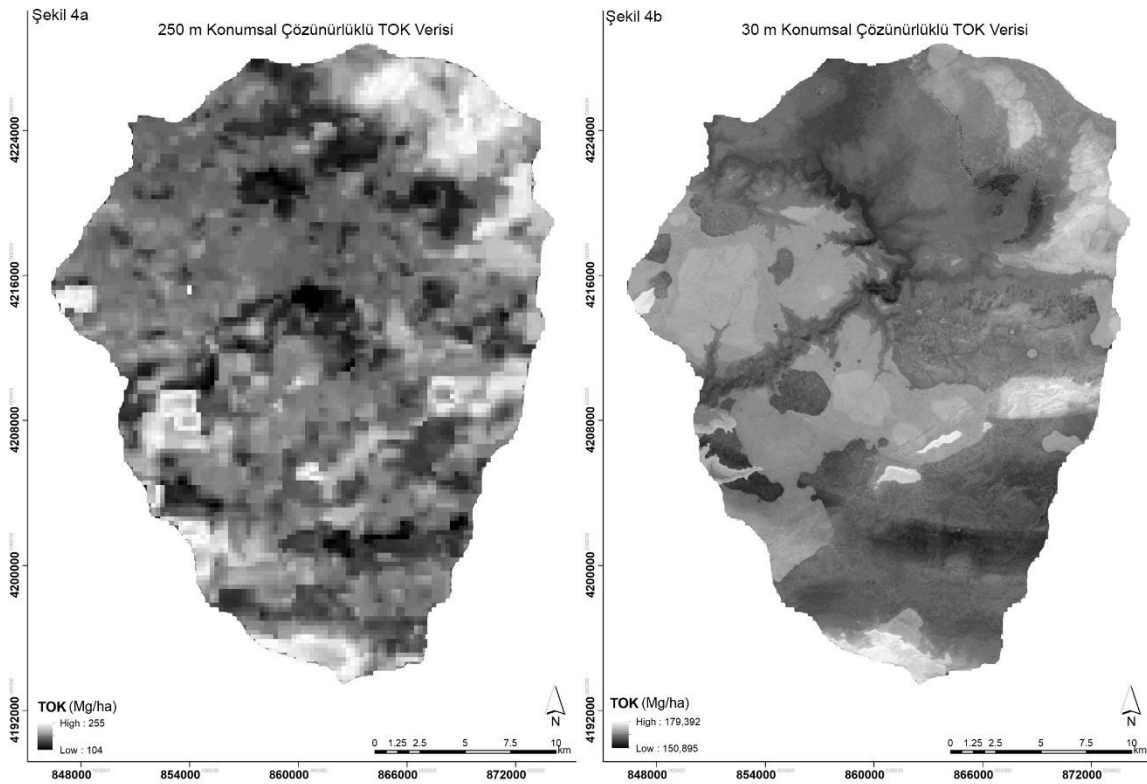
Çizelge 3. TOK Ölçek-Küçültme İşlemi için Gerçekleştirilen Model Denemeleri

No	Model	Model Yapısı	RMSE	MAE	R ²	
1		Tüm değişkenler ile	6.66	5.13	0.28	
2	Lineer Regresyon	TWI ve NDVI çıkartılarak (p-value>0.05)	7.34	5.65	0.29	
3		Aykırı değerlerden arındırılarak	7.37	5.69	0.32	
4	Ridge Regresyon-	Veri setine Min-Max dönüşümü uygulanarak tüm değişkenler ile	0.82	0.63	0.31	
5	L2 düzenleme	TWI ve NDVI çıkartılarak	0.82	0.63	0.31	
6	Lasso Regresyon-	Tüm değişkenler	Lambda: 0.01 (ideal lambda)	6.67	5.14	0.34
7	L1 düzenleme	TWI ve NDVI çıkartılarak	Lambda: 0	6.66	5.13	0.34
			Lambda: 0.015 (ideal lambda)	6.75	5.22	0.32
			Lambda: 0	6.74	5.22	0.32
8	Elastik Net Regresyon	Tüm değişkenler	Fitting alpha: 0.123, Lambda: 0.0993	6.74	5.22	0.27
9		TWI ve NDVI çıkartılarak	Alpha: 0.05, Lambda: 0.1	6.74	5,23	0.32
10		Tüm değişkenler	Kernel: radial, cost: 1, gamma: 0.125, epsilon: 0.1	7.49	5.56	0.27
11		Tüm değişkenler	Kernel: linear, cost: 0.5, gamma: 0.125, epsilon: 0.1	6.04	4.30	0.27
12	Destek Vektör Makineleri (SVM Type: eps-regression)	TWI ve NDVI çıkartılarak	Kernel: radial, cost: 1, gamma: 0.125, epsilon: 0.1	6.09	4.39	0.56
13			Kernel: linear, cost: 1, gamma: 0.125, epsilon: 0.1	7.41	5.50	0.28
14			Kernel: sigmoid, cost: 1, gamma: 0.125, epsilon: 0.1	87.2	57.3	0.11
15		Tüm değişkenler	Kernel: polynomial, cost: 1, degree: 3, gamma: 0.125 coef: 0, epsilon: 0.1	6.71	4.85	0.43
16			Kernel: radial, cost: 1, gamma: 0.25, sample method:5	6.12	4.32	0.57
17	Karar Ağaçları	Tüm değişkenler	rpart () modülü ile method: "anova"	6.35	4.92	0.47
18		TWI ve NDVI çıkartılarak	rpart () modülü ile method: "anova"	4.09	5.38	0.68
19	Rassal Orman Algoritması	TWI ve NDVI çıkartılarak	Method:"repeatedcv", number:10, repeats=3, search:grid, mtry=8 (ideal)	3.23	3.88	0.69
20	Yapay Sinir Ağları	Min-Max dönüşümü uygulanarak		0.86	0.66	0.35
21		Ortalama ve standart sapmaya dayalı standardizasyon işlemi uygulayarak		0.70	0.90	0.30

Not: Modellerde kullanılan ideal Alpha, Lambda ve Mtry değerlerini elde etmek için Cross Validation ((CV)Çapraz Geçerlilik) işlemi uygulanmıştır.

Gerçekleştirilen denemeler neticesinde elde edilen en yüksek doğruluğa sahip model ROA ile (Çizelge 3/Model-19) elde edilmiştir. Bu modelde bağımsız değişkenler arasında kurulan regresyonun gücünü arttırmak için VIF (varyans enflasyon faktörü) değeri izlenerek TWI ve NDVI indikatörü modelden çıkartılmıştır. Böylelikle 0.6910 R² değerine sahip 30 m çözünürlükte TOK altlığı elde edilmiştir. Çizelge 3 üzerinde görüldüğü gibi en yüksek ikinci performansa sahip model ise 0.68 R² değeri ile Karar Ağaçları Algoritmasına aittir. R² değerleri birbirine oldukça yakın olmasına rağmen RMSE ve MAE değerleri

izlendiğinde ROA ile kurulan modelin gerçeğe daha yakın tahmin değerleri oluşturduğu görülmektedir. Bu sebeple Model-19 kullanılarak Ekinözü ilçesine ait 30 m çözünürlüğe sahip TOK altlığı (Şekil 4) elde edilmiştir. Şekil 4 üzerinde yer alan TOK altlıkları karşılaştırıldığında, orijinal TOK (Şekil 4a) yoğunluğunu ifade eden lekelenmelerin ölçek küçültme işlemi neticesinde elde edilen TOK altlığı (Şekil 4b) ile oldukça benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bu durum TOK içeriğini temsilen kullanılan indikatör kümesinin toprak özelliklerinin mekânsal dağılımını 0.69 R² oranında temsiline de ifadesidir.



Şekil 4. 250 m (Kaba) (4a) ve 30 m Çözünürlükte Ölçek-Küçültülmüş TOK Verisi (Hassas) (4b)

SONUÇ ve TARTIŞMA

ROA bu çalışmada olduğu gibi toprağın fiziksel ve kimyasal karakteristiğini referans alan tahmin performansına dayalı birçok çalışmada (Grimm ve ark. 2008, Lamichhane ve ark. 2019, Kılıç ve ark. 2022, Reddy ve ark. 2024) diğer ML algoritmalarına göre daha üstün bir performans ortaya koymuştur. Örneğin Zhu ve ark. (2022) topografik indeksler, vejetasyon indeksleri ve toprak indekslerini kullanarak ROA ile diğer ML algoritmalarına göre daha yüksek doğruluğa (validasyon: 0.834) sahip TOK tahmin

modeli elde etmişlerdir. Çalışma sonucu elde edilen tahmin değeri Ekinözü ilçesi için bu araştırma çalışmasında elde edilen tahmin değerine göre önemli derecede yüksek olmasına rağmen burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus model bağımsız değişkenlerinin ağırlıklı olarak topografik ve vejetasyon indeksleri ile kurulu olmasıdır. Ancak, bu çalışma kapsamında Model-19 kurulurken TWI ve NDVI indeksleri modelden çıkartılarak tahmin performansında artış sağlanmıştır. Bu durum mera arazilerinin hâkimiyetindeki Ekinözü ilçe arazilerinin genelinde orman varlığının seyrek bir dağılıma

sahip olmasının sonucu olarak görülmektedir. Buradan çıkarımla, model performansları ne kadar yüksek olursa olsun, ölçek küçültme işlemi gibi konumsal çözünürlüğün daha hassas bir versiyonunun elde edilmeye çalışıldığı dijital toprak haritalama tahmin çalışmalarında tahminci bağımsız değişken kümesinin çalışma bölgesine göre özelleştirilmesi oldukça önemlidir. Roudier ve ark. (2017) TOK haritalarının konumsal ölçek küçültme işlemi için model performanslarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, 0.94 R² değeri ile ROA model performansının Lineer regresyon ve Kübist regresyona göre daha başarılı tahmin doğruluğu sağladığını tespit etmişlerdir. DEM, TWI, NDVI, potasyum ve Landsat Band 5/7 ve eğim tahminci değişkenlerini baz alarak inceledikleri model denemeleri neticesinde ROA ile model kurulumunun, model performansı ile öne çıkan diğer ML algoritmalarına göre basitliğinin önemli bir avantaj sağladığı sonucuna ulaşmışlardır. Zhan ve ark. (2022) ise çalışmalarında TOK verisinin modellenmesi için Kübist regresyon, Ekstrem Gradyan Arttırım ve ROA'nın tahmin performanslarını karşılaştırmış ve en yüksek R² değerini (0.74) ROA ile elde etmişlerdir. Burada kurulan ROA modelinin bu araştırma makalesi kapsamında kurulan Model-19 ile aralarındaki en büyük fark "mtry" parametrelerindeki farklılıktır. "mtry" parametresi karar ağaçları temelli ROA ile kurulan modellerin, belirli bir zamanda dikkate alacağı ikili ağaç bölütlemesine dayalı değişken özelliklerinin sayısını ifade eder. Model-19'un parametre ayarlaması (tuning) sürecinde, "mtry" parametresi için 1 ile 8 arasında çapraz geçerlilik çalıştırılmış ve en ideal tahmin performansına "mtry: 8" ile ulaşılmıştır. Zhan ve ark. (2022)'in 30 adet çevresel yardımcı değişkene ihtiyaç duydukları çalışmalarında ise bu değer "mtry: 13" olarak belirlenmiştir. Bu farkın oluşumunda modele tanıtılan değişkenlerin sayısı oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Değişken sayısındaki fazlalığın nedeni, tahmini hedeflenen TOK bilgisinin toprağın 1 m derinlikteki karbon miktarı bilgisini hedeflemesidir. Bu durum 1 m derinlikte değişen toprak profillerinin tanımlayıcıları olarak çok sayıda toprak indeksinin (toprak sıcaklığı, değiştirilmiş toprak bazlı bitki örtüsü indeksi vb.) kullanımına gereksinim duyulmasından kaynaklanmaktadır. Bu araştırma çalışmasında ise 30 cm derinlikteki toprak organik karbon içeriği bilgisine dayalı ölçek küçültme işlemi

hedeflenmiştir. Dolayısıyla ihtiyaç duyulan değişken sayısı ve parametre ayar değerleri farklılık göstermektedir.

Çizelge 3 incelenerek çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, bu çalışma kapsamında kurulan model denemeleri ve ilgili literatürde karşılaşılan diğer çalışmalar arasındaki bir diğer ortak çıkarım, doğrusal olmayan ML regresyon algoritmalarının (destek vektör makineleri, rassal orman algoritması, karar ağaçları ve yapay sinir ağları), veri setinin doğrusal düzlemler ile ayrıştırılarak modeli eğittiği doğrusal regresyon algoritmalarına (lineer, elastik net, ridge ve lasso) göre oldukça anlamlı tahminler üretebildiğidir. Bu çalışma kapsamında doğrusal regresyon algoritmaları ile elde edilebilen en ideal model kurulumu Lasso regresyon (Model 6-7 (0.34 R²)) ile sağlanmıştır. Bu durumun nedeni toprak karakteristiği ve çevresel değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri temsil eden yardımcı değişkenlerin yine doğrusal olmayan veri ayrıştırma/tanımlama teknikleri ile modellerin eğitim (training) başarısını arttırması olarak görülmektedir.

Kahramanmaraş Ekinözü ilçesine ait 250 m çözünürlükteki TOK miktarı bilgisinin, çevresel değişkenlere dayalı ölçek küçültme işlemine tabi tutularak 30 m çözünürlükteki en ideal versiyonunun hedeflendiği bu çalışmada elde edilen model tahmin sonuçları yukarıda ifade edildiği yönleri ile diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Gerçekleştirilen birçok çalışmada olduğu gibi ROA ile kurulan ölçek küçültme modeli, TOK içeriğinin çalışma bölgesi kapsamında tahmininde, en iyi tahmin performansını sağladığını ve diğer ML algoritmalarına kıyasla daha başarılı tahmin sonuçları üretebildiğini ortaya koymuştur. Ekinözü ilçesi ve yakın civarındaki diğer çalışma alanları için farklı konumsal çözünürlüklere sahip veri setlerinin daha hassas çözünürlükteki versiyonunu hedef alan benzer amaçlı dijital toprak haritalama çalışmalarında kullanımı oldukça anlamlı kabul edilmektedir.

ÖNERİLER

ML algoritmaları ile gerçekleştirilen ölçek küçültme işlemi model performanslarının başarısı her ne kadar yüksek olursa olsun, %100 veya bu değere yakın tahmin performanslarının gerçekleştirilebilmesi oldukça zordur.

Bu amaçla yürütülen çalışmalarda TOK gibi toplam stok içeriğinin hesaplanabilmesine olanak tanıyan veri türleri için toplam stok içeriği bilgisini koruyan model kurulumlarının gerçekleştirilebilmesi oldukça önemli görülmektedir. Algoritmaların çevresel ortak değişkenleri dikkate alarak bu açığı giderebilmesi, benzer amaçla yürütülen çalışmalarda tahmin ve gerçek değer arasındaki farkı en aza indirecektir. Bu sebeple, gelecekteki çalışmaların bu doğrultuda ilerlemesi önemli görülmektedir.

KAYNAKLAR

- AccuWeather (2024) 2024 Yılı Günlük Sıcaklık Değerleri. URL: <https://www.accuweather.com>, Erişim Tarihi: 05.01.2025.
- Akar Ö, Güngör O (2012) Rastgele orman algoritması kullanılarak çok bantlı görüntülerin sınıflandırılması. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 1(2):139-146. <https://doi.org/10.9733/jgg.241212.1t>
- Akbulut O (2022) Bilimsel araştırmalarda istatistiksel anlamlılığın raporlanmasında güncel yaklaşımlar: hatalar ve doğrular. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 5(1):1-19.
- Akın G (2006) Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2):29-43.
- Albayrak AS (2008) Değişen varyans durumunda en küçük kareler tekniğinin alternatifi ağırlıklı regresyon analizi ve bir uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 10(2):111-134.
- Aşkın T, Kızılkaya R, Olekhov V, Mudrykh N, Samafalova I, Türkmen F (2014) Toprak organik karbonu: jeostatistiksel bir yaklaşım. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(1):13-18.
- Ataseven B (2013) Yapay sinir ağları ile öngörü modellemesi. *Öneri Dergisi*, 10(39):101-115.
- Ayhan S, Erdoğan Ş (2014) Destek vektör makineleriyle sınıflandırma problemlerinin çözümü için çekirdek fonksiyonu seçimi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 9(1):175-198.
- Bechini L, Castoldi N, Stein A (2011) Sensitivity to information upscaling of agro-ecological assessments: application to soil organic carbon management. *Agricultural Systems*, 104(6):480-490. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2011.03.005>
- Cannon AJ (2008) Negative ridge regression parameters for improving the covariance structure of multivariate linear downscaling models. *International Journal of Climatology*, 29:761-769. <https://doi.org/10.1002/joc.1737>
- Chen N, Xin C, Zhang B, Xin S, Tang D, Chen H, Ma X (2023) Contribution of multi-objective land use optimization to carbon neutrality: a case study of Northwest China. *Ecological Indicators*, 157:1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111219>
- ÇEM (2018) Toprak Organik Karbonu Projesi-Teknik Özet. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Müdürlüğü (ÇEM)-TÜBİTAK-BİLGEM-YTE, Ankara.
- Dönmez C (2012) İklim değişikliğinin etkisi altında Seyhan-üst havzası ekosistem bileşenlerinin modellenmesi ve etkileşim düzeylerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ercan U, Irmak S (2022) Karar Ağaçları: Algoritmalar, Bölünmeler ve Budama. Endüstride Dijitalleşme Örnekleri. İKSAD Publishing House, No:2014/31220, Ankara.
- Esri (2025) World Soils 250 m Soil Organic Carbon. <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?layers=55bc9bfbcb2b341fc8b1be3936fe45f06>, Erişim Tarihi: 03.01.2025.
- Evliyaoğlu G (2019) Farklı alan kullanımlarında toprak organik karbon dinamiğinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir.
- Goward SN, Markham B, Dye DG, Dulaney W, Yang J (1991) Normalized difference vegetation index measurements from the advanced very high resolution radiometer. *Remote Sensing of Environment*, 35(2-3):257-277. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90017-Z](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90017-Z)
- Grimm R, Behrens T, Märker M, Elsenbeer, H (2008) Soil organic carbon concentrations and stocks on Barro Colorado Island- Digital soil mapping using random forests analysis. *Geoderma*, 146(1-2):102-113. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.05.008>
- Gültekin YN, Doğan A (2023) Makine öğrenimi yöntemleriyle bazaltlarda tek eksenli sıkışma dayanımının değerlendirilmesi ve performanslarının karşılaştırılması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(2):1059-1074. <https://doi.org/10.29130/dubited.1173624>
- Hans C (2011) Elastic net regression modeling with the orthant normal prior. *Journal of the American Statistical Association*, 106(496):1383-1394. <https://doi.org/10.1198/jasa.2011.tm09241>
- He RR, Chen Y, Huang Q, Kang Y (2019) LASSO as a tool for downscaling summer rainfall over the Yangtze River Valley. *Hydrological Sciences Journal*, 64(1):92-104. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1570210>
- Hong SH, Hendrickx JMH, Borchers B (2011) Down-scaling of SEBAL derived evapotranspiration maps from MODIS (250 m) to Landsat (30 m) scales. *International Journal of Remote Sensing*, 32(21):6457-6477. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.512929>
- Huang S, Xi F, Chen Y, Gao M, Pan X, Ren C (2021) Land use optimization and simulation of low-carbon-oriented – a case study of Jinhua, China. *Land*, 10(1020):1-18. <https://doi.org/10.3390/land10101020>
- IPCC (2003) IPCC Good Practice Guidance for LULUCF, Chapter 4: Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol.
- IPCC (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 2: Generic Methodologies Applicable to Multiple Land-Use Categories.
- Jungkunst HF, Göpel J, Horvath T, Ott S, Brunn M (2022) Global soil organic carbon-climate interactions: why scales matter? *WIREs Climate Change*, 13(e780):1-17. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2025.109435>
- Karamanlı (2024) Karbon depolama kapasitesine dayalı arazi tahsis optimizasyonu. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kılıç M, Gunal H, Budak M (2022) Toprak organik karbon içeriğinin tahmin ve haritalanmasında makine öğrenmesi tekniklerinin kullanımı. 1st International Conference on Engineering, Natural and Social Sciences, Konya, pp:211-217.
- Kılıç S (2013) Doğrusal regresyon analizi. *Journal of Mood Disorders*, 3(2):90-92.
- Kopecký M, Macek M, Wild J (2021) Topographic wetness index calculation guidelines based on measured soil moisture and plant species composition. *Science of the Total Environment*, 757:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143785>
- Lal R (2004) Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677):1623-1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>
- Lamichhane S, Kumar L, Wilson B (2019) Digital soil mapping algorithms and covariates for soil organic carbon mapping and their implications: a review. *Geoderma*, 352:395-413. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.05.031>
- Liaw A, Wiener M (2002) Classification and regression by random. *Forest. R News*, 2(3):18-22.

- Liu X, Li X, Shi X, Huang K, Liu Y (2012) A multi-type ant colony optimization (MACO) method for optimal land use allocation in large areas. *International Journal of Geographical Information Science*, 26(7):1325-1343. <https://doi.org/10.1080/13658816.2011.635594>
- Mirici (2017) Küresel iklim değişikliği çerçevesinde Doğu Akdeniz bölgesi ekosistem hizmetlerinin karbon temelli modellenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana.
- McDonald GC (2009) Ridge regression. *WIREs Computational Istatistic*, 1(1):93-100. <https://doi.org/10.1002/wics.14>
- Muñoz-Rojas MM, Jordán A, Zavala LM, González-Peñaloza FA, De la Rosa D, Mejias RP, Anaya-Romeo M (2013) Modelling soil organic carbon stocks in global change scenarios: a CarboSOIL application. *Biogeosciences*, 10:8253-8268. <https://doi.org/10.5194/bg-10-8253-2013>
- NASA (2025) Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER)/Data Access Viewer (DAV), Relative Humidity at 2 meters (30 m resolution).
- Nourani V, Razzaghzadeh Z, Baghanam AH, Molajou, A (2019) ANN-based statistical downscaling of climatic parameters using decision tree predictor screening method. *Theoretical and Applied Climatology*, 137:1729-1746. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2686-z>
- Orhan H, Vergili M (2022) Genomik veri setlerinin LASSO ve elastik net regresyon yöntemleri ile analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 13(3):485-496. <https://doi.org/10.22312/sdusbed.1201417>
- O'Rourke SM, Angers DA, Holden NM, Mcbratney AB (2015) Soil organic carbon across scales. *Global Change Biology*, pp3561-3574. <http://doi.org/10.1111.gcb.12959>
- Pahlavan HA, Zahraie B, Nasserı M, Varnousfaderani AM (2017) Improvement of multiple linear regression method for statistical downscaling of monthly precipitation. *International Journal of Environmental Science Technology*, 15:1897-1912. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1511-z>
- Pallant J (2024) SPSS Kullanma Kılavuzu: IBM SPSS ile Adım Adım Veri Analizi. Anı Yayıncılık, 5. Baskı, Ankara.
- Reddy BBK, Maragatham S, Santhi R, Balachandar D, Vijayalakshmi D, Vasu D, Gopalakrishnan M (2004) Predictive soil mapping using random forest models: applications in pH and soil organic matter assessment. *Plant Science Today*, 11(4):1-12. <https://doi.org/10.14719/pst.3865>
- Roudier P, Malone BP, Hedley CB, Minasny B, McBratney AB (2017) Comparison of regression methods for spatial downscaling of soil organic carbon stocks maps. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142:91-100. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.08.021>
- Tatlıdil H (1992) Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz. Engin Yayınları, ISBN:9759487608, Ankara.
- TCKV (2025) T.C. Kahramanmaraş Valiliği Resmî Web Sayfası, Ekinözü.
- Tripathi S, Srinivas VV, Nanjundiah RS (2006) Downscaling of precipitation for climate change scenarios: a support vector machine approach. *Journal of Hydrology*, 330(3-4):621-640. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.04.030>
- Vandal T, Kodra E, Ganguly AR (2019) Intercomparison of machine learning methods for statistical downscaling: the case of daily and extreme precipitation. *Theoretical and Applied Climatology*, 137:557-570. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2613-3>
- Vikipedi (2025) Vikipedi Özgür Ansiklopedi, Ekinözü.
- Yavuz Ö (2023) Evaluations and suggestions on wind erosion and windbreaks in the process of climate change in Central Anatolia. *Journal of Environmental and Natural Studies*, 5(1):28-48. <https://doi.org/10.53472/jenas>
- Woolson RF, Bean JA, Rojas PB (1986) Sample size for case-control studies using Cochran's statistic. *Biometrics*, 42(4):927-932. <https://doi.org/10.2307/2530706>
- Wu X, Wang S, Fu B, Liu Y, Zhu Y (2018) Land use optimization based on ecosystem service assessment: a case study in the Yanhe watershed. *Land Use Policy*, 72:303-312. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.01.003>
- Xu Y, Smith SE, Grunwald S, Abd-Elrahman A, Wani SP (2017) Incorporation of satellite remote sensing pan-sharpened imagery into digital soil prediction and mapping models to characterize soil property variability in small agricultural fields. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 123:1-19. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.11.001>
- Zhan X, Xue J, Chen S, Wang N, Shi Z, Huang Y, Zhuo Z (2022) Digital mapping of soil organic carbon with machine learning in dryland of Northeast and North plain China. *Remote Sensing*, 14(10):1-18. <https://doi.org/10.3390/rs14102504>
- Zhu C, Wei Y, Zhu F, Lu W, Fang Z, Li Z, Pan J (2022) Digital mapping of soil organic carbon based on machine learning and regression kriging. *Sensors*, 22(22):1-18. <https://doi.org/10.3390/s22228997>

Mobilya Aksesuarlarının Kullanımında Avrupa ve Amerika'daki Uygulama Farklılıkları Üzerine Bir Araştırma

A Research on the Differences in the use of Furniture Hardware in Europe and America

Uğur KILIÇ*¹, Tuncer DİLİK²

¹ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul

² İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği, İstanbul

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi / Research article
DOI: 10.17474/artvinofd.1684293

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Uğur KILIÇ

e-mail: ugur.kilic@ogr.iuc.edu.tr

Geliş tarihi / Received

26.04.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

08.08.2025

Kabul tarihi / Accepted

10.08.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Mobilya konstrüksiyonları

Mobilya aksesuarı

Menteşe sistemi

Kalkar kapak sistemi

Çekmece sistemi

Keywords:

Furniture constructions

Furniture hardware

Hinge system

Lift-up-door system

Drawer system

Özet

Günümüzde mobilya tasarımlarındaki farklı işlevsellikleri ve kullanımı ile önemi giderek artan aksesuar uygulamalarının bölgesel olarak farklılıklar gösterdiği gözlemlenmektedir. Araştırmada, dünya mobilya sektöründe belirleyici iki bölge olarak Avrupa ve Amerika da kullanılan mobilyalardaki aksesuar kullanımı ve farklılıkları üzerine bir değerlendirme yapılmıştır. Bu amaçla seçilmiş olan aksesuarlardan, menteşe, kalkar kapak ve çekmece sistemlerinin mobilyalardaki uygulamalarına yönelik farklılıklar açıklanmıştır. Belirlenen başlıca farklılıkların; ahşap konstrüksiyon tiplerindeki tercih farklılığına dayanan tasarım özelliklerinden kaynaklı aksesuar bağlantı noktaları ve ürün ölçü farkı şeklinde olduğu görülmüştür. Bunun nedenlerinin başında ise öncelikle Amerika da uluslararası ölçü birimi olan metrik ölçü birimleri (mm, m, gr vb.) yerine inç, foot, pound vb. ölçü birimlerinin sanayi ve ticarete geçerliliğini koruması gelmektedir. Bu kapsamda, konstrüksiyonlarda kullanılan çerçeve; menteşe ve raylarda ürün tasarımını doğrudan etkilemiş ve bunun sonucu olarak bini seçeneklerini (1/2", 1-1/4"), bağlantı ölçü ve araçlarını (face frame-altlık kullanımı, yükseltici kullanımı, braket kullanımı vb.) ve ürün ölçülerini (9", 12", 15", 18", 21" vb.) doğrudan etkilemiştir. Sonuç olarak, ülkemizin dünya mobilya ticaretinde yakalamış olduğu gelişimine yönelik, uluslararası rekabet üstünlüğü ve ilgili pazarlarda sürdürülebilirliği için tamamlayıcı sektörler olarak, gerek mobilya üretim sektörünün gerekse de aksesuar sektörünün bu hususlarına yönelik Ar-Ge ve Ür-Ge çalışmalarına öncelik vermelerine yönelik önerilerle birlikte ilgili alanda gerçekleştirilecek literatür araştırmalarına, kaynak olacak nitelikte bir çalışma olduğu ortaya çıkmıştır.

Abstract

Today, it has been observed that accessory applications, which are becoming increasingly important due to their different functionalities and uses in furniture design, vary from region to region. In this research, an evaluation was made of the use and differences in accessories in furniture used in Europe and America, which are two decisive regions in the global furniture industry. The differences in the application of selected accessories, such as hinges, lift-up door mechanism and drawer systems, in furniture were explained. The main differences identified were found to be accessory connection points and product size differences based on design features resulting from preferences in wood construction types. The primary reason for this is that in the United States, measurement units such as inches, feet, and pounds continue to be valid in industry and commerce instead of the metric measurement units (mm, m, g, etc.) used internationally. In this context, the frame used in constructions; hinges and rails have directly affected product design, resulting in a wide range of options (1/2', 1-1/4'), connection measurements and tools (use of face frames, risers, brackets, etc.), and product measurements (9', 12', 15', 18', 21", etc.). As a result, it has been revealed that this study serves as a source for literature research in the relevant field, along with recommendations for prioritizing R&D and product development studies on these issues for both the furniture production sector and the accessories sector, which are complementary sectors for achieving international competitive advantage and sustainability in the relevant markets, in line with the development our country has achieved in the global furniture trade.

GİRİŞ

Son yıllardaki mobilya tasarımlarında, farklı işlevsellikleri ve kullanımı ile önemi giderek artan mobilya aksesuarlarının; yapılan literatür araştırmalarında

mobilya ve dekorasyon gereçleri, hırdavat malzemeleri, nalburiye malzemeleri, mimari avadanlıklar veya ağaç işleri yardımcı gereçleri gibi çok değişik isimlerle açıklanmaya çalışılmakta olduğu görülmektedir.

Genellikle, mobilya tasarımı ve üretiminde tespit, birleştirme, hareket kolaylığı, her türlü dış etkilerden koruyuculuk ve estetik gibi fonksiyonlar üstlenen malzemeler ve gereçler olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamadan da anlaşılacağı gibi mobilyalara; kalite, kullanılabilirlik, görünüm ve güvenilirlik açısından doğrudan katkıda bulunan aksesuarlar önemini giderek artırmaktadır. Çünkü günümüzde daralan piyasa şartları ile beraber artan rekabet ortamı mobilyanın yeni talep boyutu kazanmasına ve pazar avantajı yakalamasına olanak sağlamıştır (Dilik 1992, Kılıç 2021, Kurtoğlu ve Dilik 2021, Kılıç ve Dilik 2022). Genel olarak mobilya endüstrisi ve pazarı için çok fazla çalışma ve araştırmanın yapılmış olduğu literatür taramasında belirlenen kaynaklarda da görüleceği üzere, mobilya aksesuarları üretimi ve pazarı için hem ulusal hem de uluslararası düzeyde yapılmış bilimsel çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir.

(Dilik 1992, Dilik ve Erdinler 2003, Uçar 2016, Kılıç 2021, OMKO 2022). Çekmece veya kapak gibi hareketli parçalara sahip bir mobilyanın işlevselliğinin bu parçalarda kullanılan aksesuar ve donanımların sağlamlığı ve dayanıklılığına bağlı olduğu burada kullanılan bağlantı elemanlarının türü ve aralarındaki mesafelerin etkisi üzerine yapılan bir araştırma (Smardzewski ve Majewski 2013) ile ortaya konulmuştur. Mevcut çalışma kapsamında ulaşılan, dünya mobilya aksesuarı ve donanımı pazarı ile ilgili yayınlanan raporlar ve araştırmalar (Sharma 2025) incelendiğinde; Çizelge 1' deki verilerden de görüleceği üzere, mobilya aksesuarı ve donanımı endüstrisi pazarının yıllık büyüme oranının ortalama %5.9 luk bir artış ile 2033 yılına kadar 42.3 milyar dolara ulaşacağı anlaşılmaktadır (Petrache 2019, Sharma 2025).

Çizelge 1. Dünya mobilya aksesuarı ve donanımı endüstrisinde önemli bölgelerin pazar paylarına ait gelişim tahminleri (Sharma 2025)

Mobilya Donanım Pazarı Satış Geliri	2021 (\$: Dolar)	2025 (\$: Dolar)	2033 (\$: Dolar)
Dünya	21,3 Milyar \$	26.8 Milyar \$	42.3 Milyar \$
Kuzey Amerika	5.9 Milyar \$	7.3 Milyar \$	11.1 Milyar \$
Amerika Birleşik Devletleri	4.7 Milyar \$	5.7 Milyar \$	8.7 Milyar \$
Kanada	821.4 Milyon \$	1.1 Milyar \$	1.6 Milyar \$
Meksika	421.4 Milyon \$	529.3 Milyon \$	820.5 Milyon \$
Avrupa	4.7 Milyar \$	5.7 Milyar \$	8.9 Milyar \$
Birleşik Krallık	538.2 Milyon \$	669.8 Milyon \$	1.1 Milyar \$
Almanya	767.5 Milyon \$	967.5 Milyon \$	1.6 Milyar \$
Fransa	505.4 Milyon \$	601.1 Milyon \$	892.9 Milyon \$
İtalya	257.4 Milyon \$	292.0 Milyon \$	419.7 Milyon \$
Rusya	617.7 Milyon \$	732.8 Milyon \$	1.1 Milyar \$
İspanya	336.9 Milyon \$	395.0 Milyon \$	607.2 Milyon \$
İsveç	229.3 Milyon \$	266.2 Milyon \$	392.9 Milyon \$
Danimarka	224.6 Milyon \$	269.1 Milyon \$	410.8 Milyon \$
İsviçre	210.6 Milyon \$	246.2 Milyon \$	366.1 Milyon \$
Lüksemburg	154.4 Milyon \$	177.5 Milyon \$	267.9 Milyon \$
Avrupa'nın geri kalan ülkeleri	837.7 Milyon \$	1.1 Milyar \$	1.9 Milyar \$

Diğer bir taraftan, uluslararası literatürde endüstriyel pazarları inceleme ve tercih analizine yönelik yoğun bir ilginin varlığı gözlemlenirken, tüketici üzerinde mobilya aksesuarlarının rolü ve öneminin yeterince vurgulanmadığı görülmektedir. Depolama mobilyalarının işlevselliği öncelikle çekmece ve kapaklar gibi hareketli parçaların sağlamlığına ve dayanıklılığına bağlıdır. Burada bağlantı elemanlarının türü ve aralarındaki mesafelerin etkisi araştırılmıştır. Bu bağlamda bir analizi içerecek şekilde planlanan mevcut çalışmada, mobilya pazarının bilindiği üzere dünya aksesuar piyasasında söz sahibi

ülkelerin, dünya mobilya ticaretinde de önemli ülkeler konumunda olduğu gerçeğinden hareketle, aksesuarların son yıllarda mobilya tasarımlarındaki kullanım ve uygulamalarının bölgesel olarak farklılıklar gösterdiği, şirketlerin rekabetçi kalmalarını sağlayacak stratejiler oluşturmada gerekli koşulların belirlenmesi arayışında oldukları gözlemlenmektedir (Dilik ve Erdinler 2003, Uçar 2016, Dilik ve ark. 2019, Petrache 2019).

Bu araştırmada, dünya mobilya sektöründe belirleyici iki bölge olarak Avrupa ve Amerika'da mobilyalarda aksesuar

kullanımı ve aksesuar farklılıkları üzerine bir analiz ve değerlendirme yapılmıştır. Bu amaçla, çok fazla ürün grup ve çeşidine sahip olan mobilya aksesuar ve donanımı sektörüne yönelik seçilmiş aksesuarlardan, menteşe, kalkar kapak ve çekmece sistemlerinin mobilyalardaki kullanım ve uygulamalarına yönelik farklılıklar açıklanmıştır. Bu kapsamda, planlanan araştırma ile üretim kapasitesi ve dış ticaretteki gelişimi ile dikkat çeken ülkemiz mobilya ve aksesuar sektörünün gelişimindeki sürekliliğinin sağlanması hedeflenmiştir. Bununla birlikte, sektör işletmelerinin yeni pazarlara giriş stratejisini oluşturmada etkili olan tüketici tercih dinamiklerinin ve pazar eğilimlerindeki öneminin ortaya konularak, uluslararası rekabet gücünün artırılması için öneriler de geliştirilmesi hedeflenmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırmada, seçilmiş olan aksesuar gruplarının (menteşe, çekmece ve kalkar kapak sistemleri) mobilya üretimlerindeki kullanımları üzerinden elde edilen veriler araştırmanın materyalini oluşturmaktadır. Bunların, mobilya tasarımı ve konstrüksiyonlarındaki etkileri başta olmak üzere, bölgesel uygulama farklılıkları ortaya konularak aksesuar üreticisi ve aksesuar kullanıcılarına yönelik değerlendirilmesi araştırma konusu olarak incelenmiştir.

Yöntem

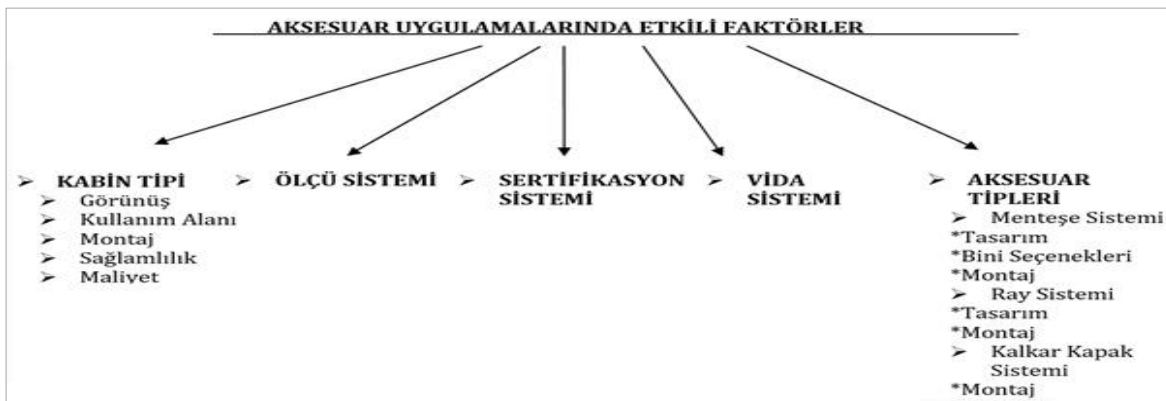
Bu araştırma, öncelikli olarak mobilya aksesuarları ve malzemeleri sektörünün dış ticaret rekabetinde ve ürün geliştirme süreçlerine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Nitel bir değerlendirmenin yapıldığı bu

çalışmada, dış ticarete ve mobilya üretiminde önemli konumda bulunan iki bölgedeki uygulama farklılıklarına dayalı parametrelerin belirlenmesine yönelik literatür incelemesi ve gözleme dayalı veriler analiz edilmiştir. Bu kapsamda, aksesuar pazarı ve mobilya üretimi konusunda yerel olarak gözlem ve görüşmelerde bulunulmuş ve bu alandaki uygulama farklılıklarına yönelik önemli parametreler sistematik bir şekilde belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma bu özelliğiyle, sektör şirketlerinin pazara giriş stratejileri oluşturma ve rekabetçi konumda kalmalarının sağlanması gibi belirtilen hedeflerin yanı sıra alanındaki literatür yetersizliğine de katkıda bulunacak özgün bir nitelik taşımaktadır.

Bu nedenle, materyal bölümünde belirtilen seçilmiş aksesuar grupları üzerinden Avrupa ve Amerika'daki kabin tipi mobilya üretimine yönelik uygulamalara dayalı gözlemlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi yöntem olarak esas alınmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Amerika ve Avrupa'daki mobilya konstrüksiyonlarında aksesuar ve donanım kullanımında bazı belirgin farklılıklar vardır. Bu farklılıklar genellikle bölgesel üretim kültürü, kullanıcı alışkanlıkları, tasarım anlayışları, malzeme tercihleri ve standartlardan kaynaklanmakta olup, çalışma kapsamında, mobilyalarda aksesuar kullanım tercihinde önemli olan; kabin tipi, ölçü sistemi, sertifikasyon sistemi, vida sistemi ve aksesuar tipi gibi parametreler dikkate alınarak Avrupa ve Amerika'daki uygulamalardaki farklar aşağıdaki gibi tespit edilmiş ve değerlendirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Mobilya aksesuarlarının Avrupa ve Amerika'daki uygulamaları üzerinde etkili faktörler (Kılıç 2021)

Amerika ve Avrupa Bölgesi için Tercih Edilen Mobilya Konstrüksiyonlarına Ait Kabin Tipleri

Mobilyalarda genellikle tercih edilen konstrüksiyon tiplerinden çerçeveli (face frame) ve çerçevesiz

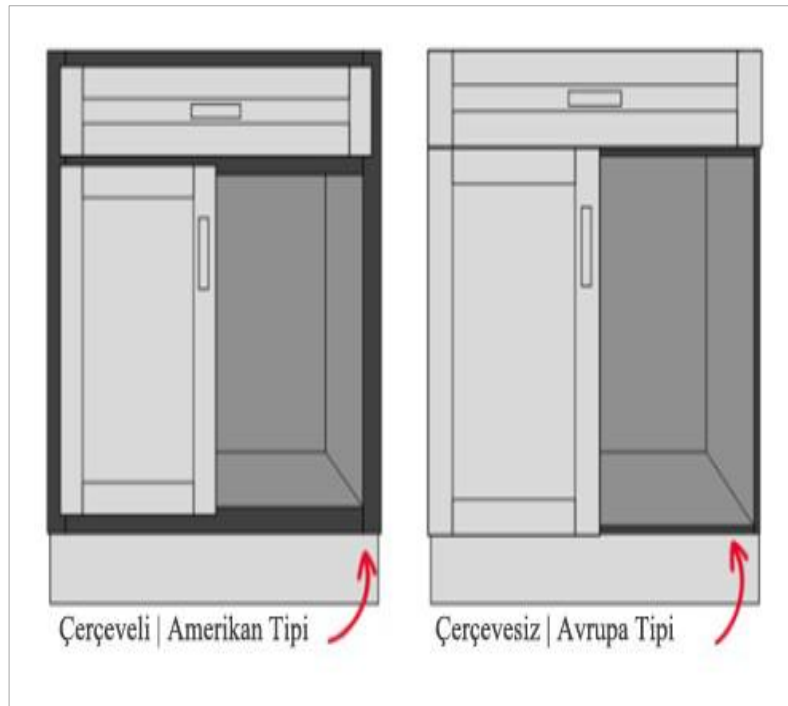
(frameless) kabin tipleri inceleme konusu bölgeler için ayrı ayrı tablolar halinde avantaj ve dezavantajları belirtilerek açıklanmıştır (Çizelge 2 ve 3). Çalışmada Amerika'da çerçeveli, Avrupa'da ise çerçevesiz kabin tipinin daha çok tercih edildiği gözlemlenmiştir (Şekil 2).

Çizelge 2. Çerçeveli kabin tipinin avantaj ve dezavantajları

Çerçeveli Kabin Tipi	
Avantajlar	Dezavantajlar
Montaj kolaylığı	Biraz daha az depolama alanı
Masif ahşap, MDF, yonga levha ve laminat dahil olmak üzere çeşitli malzeme seçenekleri	Kurulumdan sonra özelleştirmesi zor
Çerçeve güç ve dayanıklılığı artırır	Dolaplarda daha ince malzeme kullanılabilir
Düz olmayan duvarlara asılabilir	

Çizelge 3. Çerçevesiz kabin tipinin avantaj ve dezavantajları

Çerçevesiz Kabin Tipi	
Avantajlar	Dezavantajlar
Dolap kenarları aynı hizada bitmiştir, böylece kenarlarda ölçü farklılığı bulunmaz (fuga)	Ön çerçevenin olmaması nedeniyle çerçevesiz dolap, destek ve stabilite açısından daha dayanıksızdır
Biraz daha fazla kullanılabilir depolama alanı sağlayabilir	Tipik olarak daha az stil ve malzeme seçeneği mevcuttur
Daha şık, daha çağdaş bir görünüm sağlayabilir	
Temizlenmesi kolaydır	



Şekil 2. Çerçeveli ve çerçevesiz kabin tipi örneği (URL-1)

Amerika ve Avrupa Bölgesi için mobilya konstrüksiyonlarına ait tespit edilen farklılıklar kabin tipi, görünüş, kullanım alanı, montaj, sağlamlılık ve maliyet özellikleri yönünden değerlendirilmiştir.

Kabin tipinin tercihindeki etkisi bakımından görünüş hususunun önemi ürün tasarımı aşamasından itibaren dikkate alınması gereken bir özellik olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 3'te de görüleceği üzere, çerçevesiz dolaplarda dolap kapağının doğrudan dolabın yan paneline takılacak şekilde tasarlandığı ve bu dolap kapaklarının kapatıldığında, kapağın etrafında herhangi bir açıklığın (fuga) olmadığı anlamına gelmekte olduğu

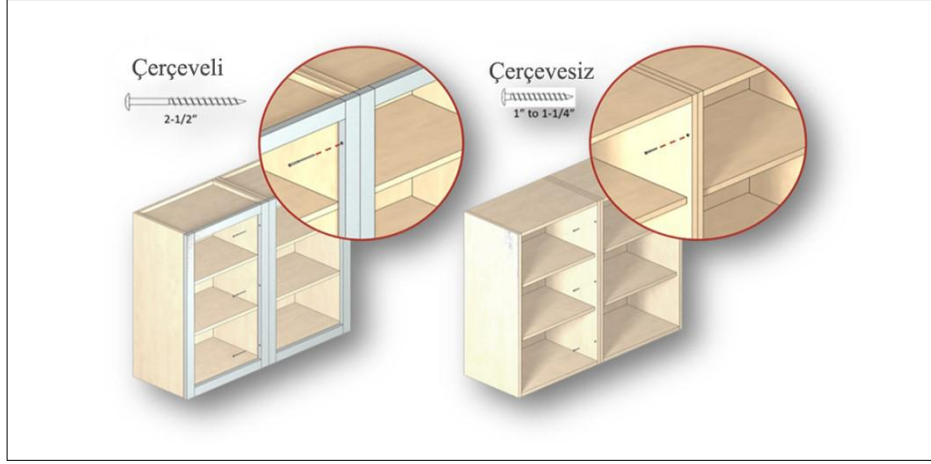
anlaşılmaktadır. Bu nedenle, çerçevesiz bir dolap kapağının nereye bağlandığına bağlı olarak değişen bir açıklık derecesine sahip olan çerçevesiz bir dolaba göre genellikle daha çağdaş, daha temiz ve daha minimal bir görünüm sağlayabilmektedir. Çerçevesiz bir dolabı açtığınızda ise kenarların etrafında kaplama ve orta profilin olmadığı, burada dolaplara daha açık bir görünüm verilebileceği ve istenirse kapaksız kullanılabileceği anlamı verilebilmektedir. Çerçevesiz bir dolapta ise açıkken dolabın etrafında görünür bir çıkıntıya ve bir orta dikmeye sahip olunabileceği görülmektedir.



Şekil 3. Çerçevesiz ve çerçevesiz dolap örneği (URL-2)

Kabin tiplerinin kullanım alanı bakımından incelenmesine bakılacak olursa, teknik olarak iki dolap aynı miktarda alana sahip olsa da çerçevesiz bir dolabın çerçevesiz bir dolaptan daha fazla erişilebilir alana sahip olduğu görülmektedir. Burada ön taraftaki kutunun etrafında bir çerçeve ve çift dolapların ortasında bir profil olduğundan, çerçevesiz bir dolap önden erişimin bir kısmını engelleyecektir. Eşyaları çerçevesiz dolabın arkasına hafifçe sıkıştırabilirsiniz, ancak bunun içerideki eşyalara ulaşmayı zorlaştırmakta olduğu açıkça görülebilmektedir. Çerçevesiz bir dolapta, iç kısma tam ve engelsiz erişim sağlanırken, bu dolapların daha büyük görünmesini sağlamak ve onları daha işlevsel ve kullanımı daha kolay hale getirebildiği ileri sürülmektedir. Kabin tipinin montaj özellikleri (kurulum) yönünden değerlendirilmesine bakılacak olursa, dolap üzerindeki çerçevesiz montör

tarafından değil, üretici tarafından monte edildiği görülmektedir. Bu nedenle, çerçevesiz bir dolap daha sağlam görünse de bu dolapların kurulumunu hiçbir şekilde olumsuz etkilemeyecektir. Ancak montajda sadece birkaç farklılığın olduğu görülmektedir. Birinci farkın, rafların ikili bir dolaba yerleştirilmesinden kaynaklanabileceği ileri sürülebilirken, burada orta dikmenin araya girebildiği, ancak çoğu montörün bu işleme alışkın olduğu için bu durumun montaja fazla zaman ihtiyacı eklemeyeceği de söylenebilir. Diğer temel fark ise donanım türüdür. Bilindiği gibi çerçevesiz bir dolapta, dolapları yan yana tutmak için daha uzun vidalar gerekmektedir. Aşağıda Şekil 4'te de görüleceği gibi vidaların çerçevesizden geçmeleri gerekir. Çerçevesiz bir dolabın kurulumunda ise daha kısa vidaların kullanılacağı açıkça görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Çerçevesiz ve çerçevesiz dolap montajında kullanılan vida örneği (URL-3)

Kabin tipine göre sağlamlılık hususuna bakacak olursak, bir dolapta çerçeve kullanılmasının nedeni, ona destek ve güç sağlamaktır. Ne yazık ki, bu bazen dolabın kendisinin daha zayıf veya daha ince malzemelerden yapılabileceği anlamına gelir. Ancak bunun her zaman böyle olmadığı görülmektedir. Uygulamada bazen üreticinin bir seçeneği olarak çerçevesiz bir dolap 19 mm kontrplaktan oluşabilir ve bir çerçeveye sahip olabilir. Buna karşılık, daha kalın malzeme ve daha ağır bir dolapta fiyatın artacağı bilinen bir husustur. Bununla birlikte çerçevesiz bir dolap, dış kenarında destek bulunmadığından, daha sağlam bir malzemedan yapılmalıdır. Bu nedenle, çerçevesiz bir dolabın, çerçeveye ihtiyaç duymadan ağırlığı desteklemek için daha fazla ahşap ve daha kalın kenarlara sahip olması gerektiği bilinmektedir.

Kabin tipinin maliyet hususu açısından incelenmesine gelince, herhangi bir dolap konstrüksiyonundaki en büyük maliyet farkının yapıldığı malzeme ile ilgili olduğu görülmektedir. Örneğin; orta yoğunluklu yonga levha, mdf ve kontrplaktan daha ucuza mal olurken, 19 mm kontrplak 12 mm'den daha pahalıya mal olacaktır. Çerçevesiz bir dolap, çerçeve eksikliğini telafi etmek için muhtemelen daha kalın malzemelerden yapılacağından, çerçevesiz dolaplar genellikle daha pahalıya mal olur. Bununla birlikte, aynı kalınlık ve ahşap türünden yapılmış çerçevesiz ve çerçevesiz dolapların bulunduğu uygulamalara rastlanmaktadır. Diğer taraftan, maliyetin kabin tipinin tercihinde de önemli rol oynadığı görülmektedir. Örneğin; bazı üreticilerin, imalatının ne kadar sürdüğüne göre fiyat verdikleri çerçevesiz dolapların çerçevesizlere göre daha hızlı üretildikleri

bilinmektedir. Dolayısıyla, kabinin maliyeti daha fazla malzemeye sahip olsa da, daha az işçilik saati nedeniyle daha ucuza da mal olabilmektedir.

Ölçü Sistemi

Amerika ve Avrupa Bölgesi için mobilya konstrüksiyonlarına ait tespit edilen başlıca farklılıklardan ölçü sisteminin bütün imalat sanayiinde olduğu gibi mobilya ve ahşap konstrüksiyonların tasarım özelliklerinde de önemli rol oynadığı görülmektedir. Literatür araştırmalarında da (OMKO 2022) görüleceği üzere Kuzey Amerika kıtasına ilk gelen ve burada yerleşim kuran ilk insanlar İngiliz kökenli koloniler olmuştur. Bu nedenle, Kuzey Amerika kıtasına yerleştiklerinde de kraliyet ölçü birimlerini kullanmaya devam etmişlerdir. Zaman geçtikçe metrik sistem ve kraliyet sistemi ölçü birimleri arasında karışıklıklar olduğundan dönemin hükümeti resmî olarak metrik sisteme geçmek istemiş olmasına rağmen parlamento tarafından bu durum reddedilmiş ve Amerika Birleşik Devletleri'nde kraliyet ölçü birimlerinin kullanımı devam etmiştir. Günümüzde okullarda metrik ölçüm sistemlerinin de öğretilmesine rağmen ülkemizde üretilen ürünlerin, ancak yaklaşık %30'unun metrik ölçü sistemi ile pazarlanmakta olduğu belirtilmektedir. Bunun temel nedeninin de Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST)'nün ürünlerin üretilmesinde ve pazarlanmasında metrik sistemi tercih etmesi olduğu ifade edilmektedir (OMKO 2022).

Mevcut çalışmada, mobilyalara yönelik ölçü sistemi etkisinin daha çok aksesuar bağlantı noktaları ve ürün ölçü farkı şeklinde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bunun nedenlerinin başında ise öncelikle Amerika'da hâlâ uluslararası ölçü birimi olan metrik ölçü birimleri (mm, m, g, vb.) yerine, inç, foot, pound vb. gibi ölçü birimlerinin sanayi ve ticarete geçerliliğini korumasının geldiği söylenebilir. Ölçüm birimlerinin birbirine dönüştürülmesinde oluşabilecek hataları engellemek için 1958 yılında Uluslararası Yarda (İngiltere'de ve İngiliz Uluslar Topluluğu'nda kullanılan, 91.4 cm'lik bir İngiliz uzunluk ölçüsü birimi) ve Pound Anlaşması imzalanmıştır. Böylelikle metrik sistemden kraliyet sistemine dönüşümlerde bir standart yakalanmıştır. Bu anlaşmaya göre temel uzunluk birimi olan 1 yarda, 0.9144 metre olarak belirlenmiştir. Bunlara ek olarak kraliyet ölçü sistemindeki uzunluk birimlerine bakıldığında 3 temel birim göze çarpar. Bunlar: fit (ft), inç (inch) ve yardadır. Örneğin 1 fit=12 inçtir. Bu doğrultuda birimler arasında dönüşümleri öğrenmek için NIST'in sitesinde bulunan dönüşüm tabloları kullanılabilir (URL 4). Örneğin IKEA'nın sitesinde aynı ürün için farklı ülkelerin web sitelerinde arama yapıldığında ABD sitesinde hem metrik hem de kraliyet ölçü birimleri bulunurken Türkiye sitesinde ise ölçülerin sadece metrik sistem ile belirtilmiş olduğu görülmektedir (URL 5, URL 6).

Sertifikasyon Sistemi

Son dönemde özellikle Avrupa ülkeleri ve Amerika başta olmak üzere dünyada sertifikalı ürünlere yönelik talebin arttığı gözlenmektedir. Araştırmalar göstermektedir ki sertifikasyon sistemi ile üretim, tüketim ve ticarete istenen beklenti ve gelişimi sürdürülebilir kılmak hedeflenmektedir. (Dilik ve ark 2019, Kurtoglu ve Dilik 2021, OMKO 2022)

Bu nedenle, günümüzde önemini artırarak özellikle imalat sanayiinde pazar odaklı sertifikasyon yaklaşımı ön plana çıkmış bulunmaktadır. Bilindiği gibi, ürünün kalitesi ve kullanılabilirlik özelliklerine ilişkin incelemeler açık bir şekilde ürünle ilişkilendirilmelidir. Burada kullanıcı dostu olma, dayanıklılık, düzgün çalışma ve ayrıca eksiksiz ve anlaşılır kullanıcı dokümantasyonu veya bakım kolaylığı gibi kriterler aranılan ve arzu edilen temel faktörlerdir.

Amerika kıtasında aksesuar kalite değerlendirmesinin ANSI/BHMA sertifikasına bağlı olarak değerlendirildiği görülürken, Avrupa kıtasında ise kalite değerlendirmesinin daha çok LGA sertifikasına bağlı olarak değerlendirilmekte olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, The Builders Hardware Manufacturers Association (BHMA®), kilitler, raylar, mekanizmalar ve diğer inşaat donanımları için performans standartları geliştirmek ve sürdürmek üzere Amerika Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI) tarafından akredite edilmiş tek kuruluş olarak ön plana çıkmış durumdadır. Avrupa'da ön plana çıkan LGA Sertifikasyonu sisteminin (Şekil 5) ise merkezi Almanya'da bulunan teknik, güvenlik ve sertifikasyon hizmetleri sağlayıcısı olan TÜV Rheinland AG tarafından verilen sertifika olarak açıklanmaktadır (OMKO 2022).



Şekil 5. LGA ve ANSI sertifikası logo örnekleri (URL-7)

Vida Sistemi

Bilindiği gibi vidaların pek çok niteliğine (diş biçimi, ağız sayısı, helis yönü, vida sistemi vb.) göre sınıflandırılmakta olduğu, ancak uygulamada ise en çok kullanım alanlarına ve işlevlerine göre sınıflandırıldığı görülmektedir. İşlevlerine göre vidaları a) Bağlantı vidaları ve b) Hareket ve kuvvet vidaları olarak ikiye ayırabilir.

Çalışma kapsamında tespit edilen vida tipinin, özellikle, menteşe, altlık, ray, braket vb. aksesuarlarda ve montajlarında kullanılanlar olarak farklılıklar gösterdiği; Amerika'da Phillips uçluların, Avrupa'da ise Pozi drive uçluların tercih edilmekte olduğu belirlenmiştir. Bunlar, Şekil 6' da görüleceği gibi birbirine benzemelerine rağmen ölçü ve şekil bakımından ise farklılıklar göstermektedirler.

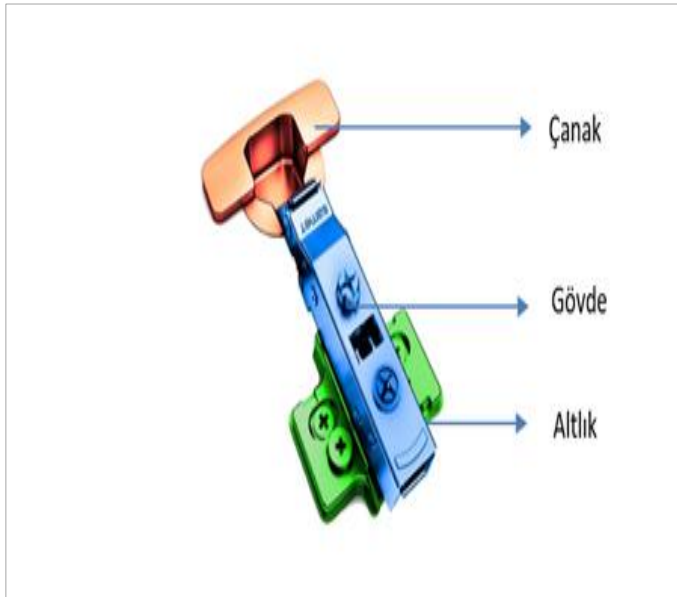


Şekil 6. Phillips ve pozidrive vida uç örneği (URL-8)

Aksesuar Tipleri

Çalışma kapsamında, mobilyalarda aksesuar kullanımı tercihine göre bölgesel farklılıkların belirlenmesinde,

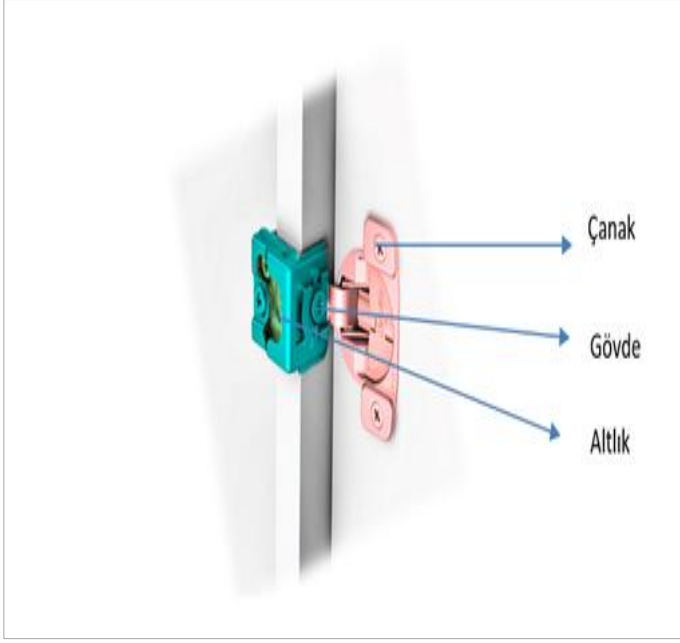
aksesuar tiplerinin etkisini ortaya koymak amacıyla seçilmiş olan aksesuar grupları (menteşe, kalkar kapak ve çekmece sistemleri) üzerinden elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Bu amaçla, bölgesel farklılıklar her bir aksesuar grubu için uygulamalardaki tasarım ve montaj özelliklerine göre incelenerek açıklanmıştır.



Şekil 7. Avrupa tipi menteşe sistemine ait bir örnek (Kılıç 2021)



Şekil 8. Avrupa tipi menteşe sistemlerinde kullanılan altlık örnekleri (Kılıç 2021)



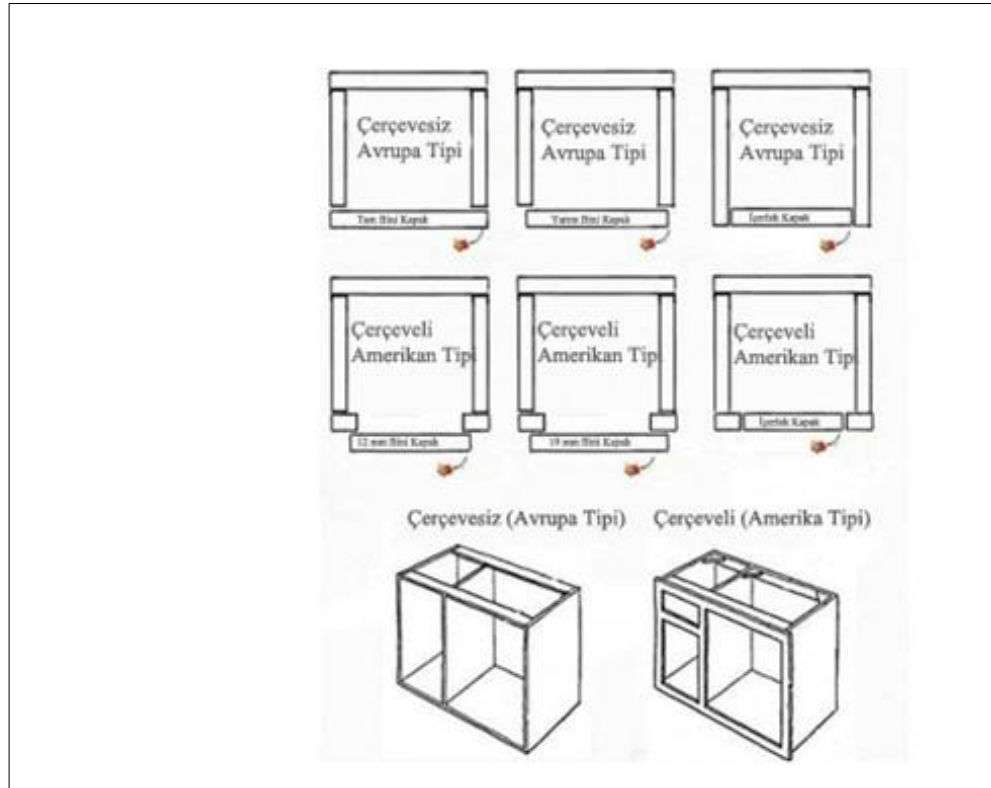
Şekil 9. Amerika tipi menteşe sistemine ait bir örnek (Kılıç 2021)



Şekil 10. Amerika tipi menteşe sistemlerinde kullanılan altık örnekleri (Kılıç 2021)

Menteşelerdeki bini seçenekleri bakımından tasarımsal farklılıklara bakılacak olursa; Avrupa tipi kabinlerde kullanılan menteşelerde, tam, yarım veya içerlek bini seçeneğinin daha çok kullanıldığı görülürken, Amerika tipi

kabinlerde kullanılan menteşelerde ise 12 mm (1/2''), 32 mm (1-1/4''), 33 mm (1-5/16''), 34 mm (1-3/8''), 38 mm (1-1/2''), 39 mm (1-9/16'') vb. gibi ölçülerde tasarlanmış bini seçeneklerinin kullanıldığı görülmektedir (Şekil 11).

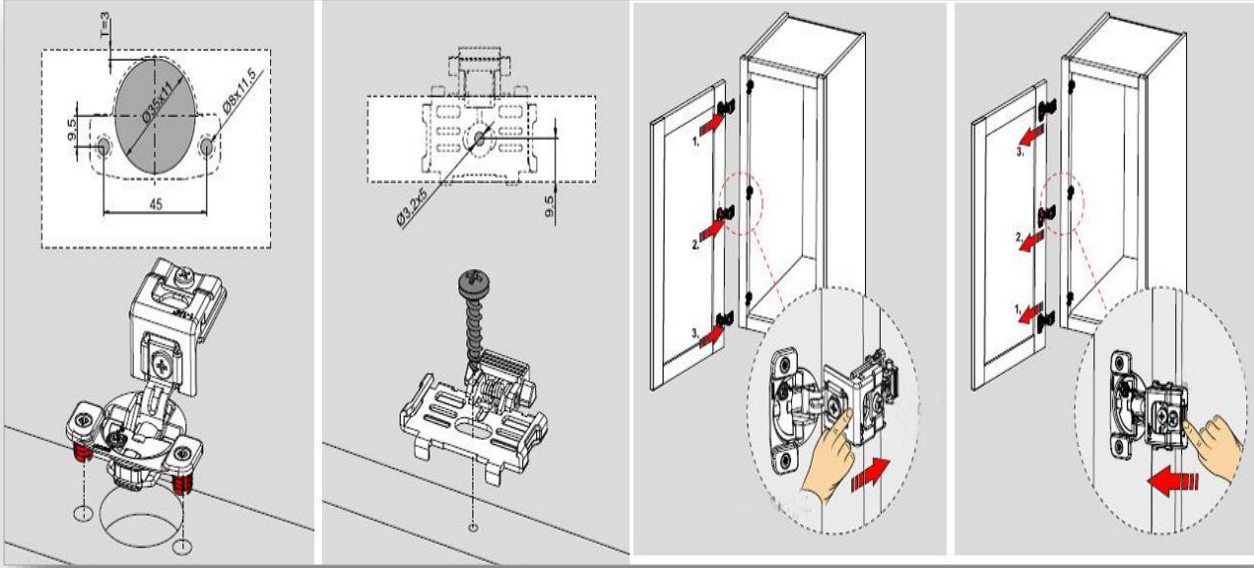


Şekil 11. Avrupa ve Amerika tipi menteşelerde kullanılan bini örnekleri (URL-9)

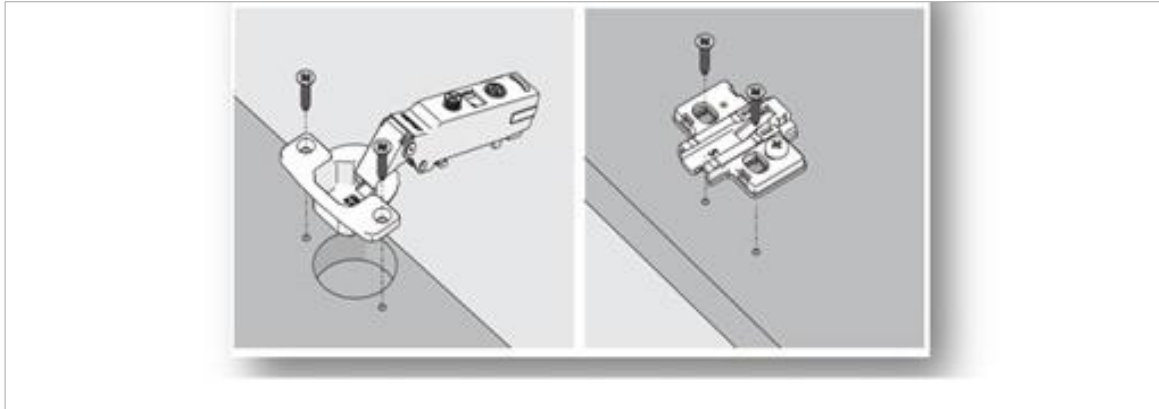
Montaj Özellikleri

Mobilyalar için Avrupa ve Amerika tipi kabinlerde kullanılan menteşelerin montaj özelliklerinde, Şekil 12 ve Şekil 13' te de görüleceği gibi bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklarda Avrupa tipi kabinlerde

kullanılan menteşelerde altlık kabin yan paneline monte edilirken, Amerika tipi kabinlerde kullanılan menteşelerde ise altlık çerçeveye monte edilmektedir şeklinde açıklanabilir. Menteşe sistemindeki çanakların ise her iki tipte de kapağa monte edilmekte olduğu görülmektedir.



Şekil 12. Amerika tipi menteşelerde altlık bağlantı örneği (URL-10)



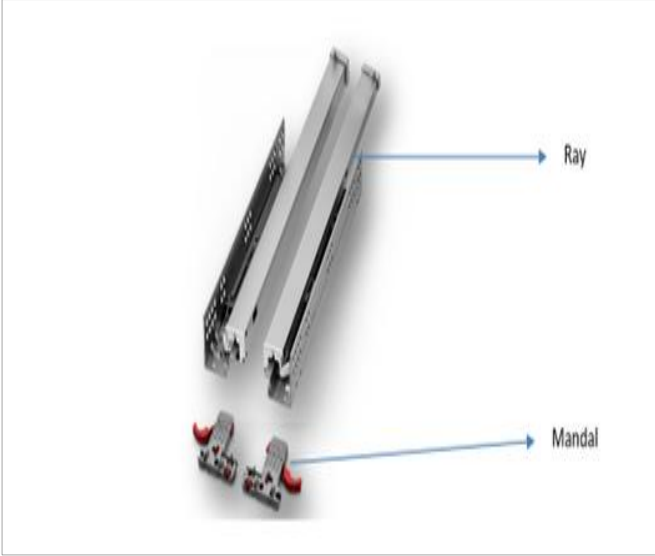
Şekil 13. Avrupa tipi kabinlerde menteşe altlık bağlantı örneği (URL-10)

Ray Sistemi

Tasarım Özellikleri

Mobilyalarda kullanılan ray sistemlerinde tasarımsal özellikler bakımından görülen başlıca farklılıklar aşağıda örneği verilen şekiller üzerinden anlaşılacağı gibi

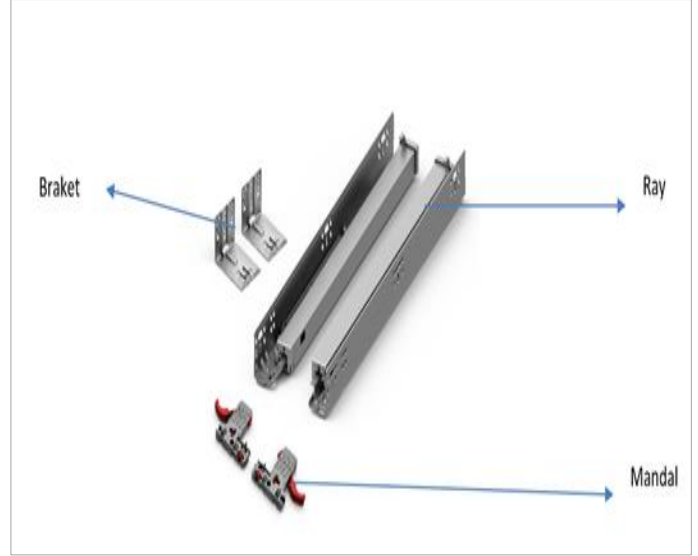
belirlenmiştir (Şekil 14 ve 15). Avrupa ve Amerika tipi kabinlerde kullanılan raylarda, çerçeve kullanımına bağlı olarak ölçü sistemindeki farklılıklardan ötürü uzunluk farkı, L parça delik eksen farkı ve bağlantı farkından ötürü ray tasarımı farklılaşmıştır. Mandallarda ise her iki kabin tipi için de belirgin bir farkın görülmediği ortaya çıkmıştır.



Şekil 14. Avrupa tipi kabinlerde en çok kullanılan ray sistemi örneği (URL-10)

Montaj Özellikleri

Mobilyalar için Avrupa ve Amerika tipi kabinlerde kullanılan rayların montaj özelliklerinde, doğal olarak Şekil 16 ve 17'de de görüleceği gibi tasarım özelliklerinden kaynaklı bazı farklılıkların bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Burada kullanılan raylardaki montaj tipini tamamen farklı

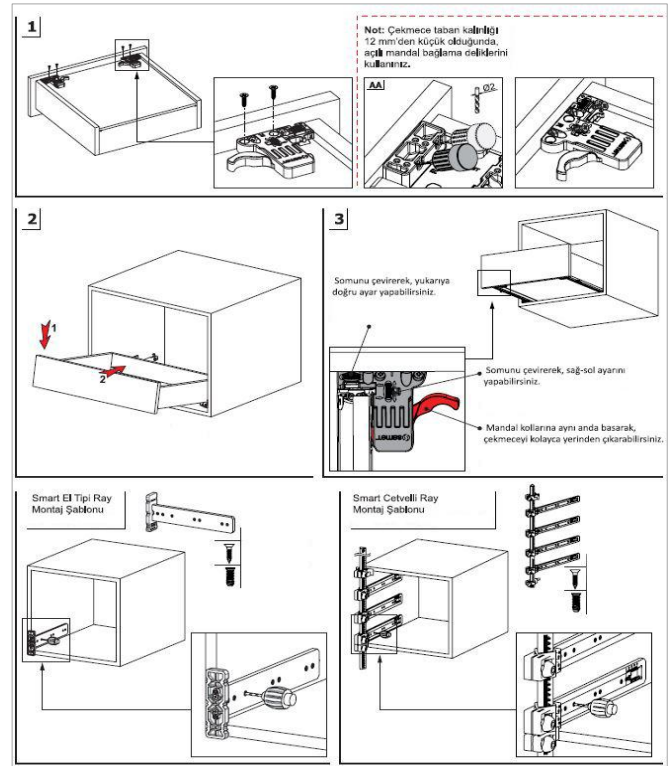


Şekil 15. Amerika tipi kabinlerde en çok kullanılan ray sistemi (URL-10)

kılan özelliği, mobilya ve çekmece konstrüksiyonlarındaki tercih farklılığı olarak belirtebiliriz. Bilindiği gibi montaj işlemi, rayın braket ile dolabın arka paneline ve L parça üzerinden atılan vida bağlantısı ile çerçeveye bağlantısının yapılması şeklinde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla bu sistem, ahşap çekmece tasarımında da Avrupa tipine göre farklılıklar göstermektedir.



Şekil 16. Amerika tipi kabinlerde kullanılan ray montajına ait örnekler (URL-10)



Şekil 17. Avrupa tipi kabinlerde kullanılan ray montajına ait örnekler (URL-10)

Kalkar Kapak Sistemi

Bir mobilya ünitesinde ilk göze çarpan ve gövde bölümünü oluşturan diğer parçalara göre, daha fazla işçilik ve özen gerektiren kapaklarda genellikle farklı mekanizma ve sistemlerin kullanıldığı ve bunlara göre tanımlandığı görülmektedir. Katlanır kapaklar, en az iki ayrı kapağın menteşe vb. bağlantı mekanizması kullanılarak birbirine eklenmesi sonucu elde edilen kapaklar olup, çalışma sistemleri de dönerek açılan kapakların ve sürme kapakların çalışma sistemine benzemektedir (Dağlı ve ark. 2021).

Bu çalışmada, mobilyalar için Avrupa ve Amerika tipi kabinlerde kullanılan kalkar kapak sistemlerinin tasarım özelliklerine yönelik bölgesel olarak bir farklılığın bulunmadığı tespit edilmiştir. Ancak, montaj özellikleri bakımından Amerikan tipi kabinlerde bazı uygulama farklılıklarının bulunduğu görülmektedir. Buradaki farkın da genellikle Amerika tipi kabinlerde kalkar kapak sistemlerindeki mekanizma altında kullanılan ekstra yükselticiler ile montajın gerçekleştirilmesiyle ilişkili olduğu söylenilebilir (Şekil 18).



Şekil 18. Amerika tipi kabinlerde kullanılan kalkar kapak sistemi montaj aparatı örneği (URL-11)

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, dünya mobilya sektöründe belirleyici iki bölge olarak irdelenen Avrupa ve Amerika'daki mobilyalarda aksesuar kullanımı ve farklılıkları ile ilgili ortaya çıkan önemli hususlar aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

- Doğrudan konstrüksiyon tipi ve bölgesel tercihlerle bağlantılı olarak değişen aksesuar kullanımının, mobilya ve aksesuar üretim sektörü tarafından göz önünde tutulması gereken önemli bir husus olduğu ortaya çıkmaktadır.
- Belirlenen başlıca farklılıkların; ahşap konstrüksiyon tiplerindeki tercih farklılığına dayanan tasarım özelliklerinden kaynaklı aksesuar bağlantı noktaları ve ürün ölçü farkı şeklinde ortaya çıktığı görülmüştür.
- Konstrüksiyonlarda kullanılan çerçevenin; menteşe ve raylarda ürün tasarımını doğrudan etkilediği ve bunun

sonucu olarak da bini seçenekleri ile bağlantı ölçü ve araçlarında (face frame altlık kullanımı, yükseltici kullanımı, braket kullanımı vb.) farklılıkların oluşmasına neden olduğu, mobilyanın montaj özelliklerini etkilediği anlaşılmıştır.

- Özellikle global trendlerin de etkisiyle dünyada sertifikalı ürünlere yönelik talebin arttığı gözlenmektedir. Bu nedenle, sertifikasyon sisteminin üretim, tüketim ve ticarete istenilen beklenti ve gelişimi sürdürülebilir kılmak hedefinin aksesuar sektörü tarafından da önemi açıkça görülmüştür.
- Ülkemizin dünya mobilya ticaretinde yakalamış olduğu gelişimine yönelik uluslararası rekabet üstünlüğü ve sürdürülebilirliği için tamamlayıcı sektörler olarak gerek mobilya üretim sektörünün gerekse aksesuar sektörünün bu hususlara yönelik Ar & Ge ve Ür & Ge çalışmalarına öncelik vermelerinin gerekliliği ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- Dağlı M, Dilik T, Kurtoğlu A (2021) Mobilya endüstrisinde kullanılan kapak konstrüksiyonları üzerine incelemeler. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(1):79-90. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mamad/issue/62317/916215>
- Dilik T (1992) Türkiye mobilya ve yapı elemanı (kapı-pencere) aksesuarları üretim sektörü ve sorunları. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, A(1):155-175.
- Dilik T, Erdinler ES (2003) The structural analysis of Turkish hardware production sector for furniture and development of international competition. *Review of the Faculty Forestry, University of Istanbul, Turkey, Series-A*, 53(1):87-111.
- Dilik T, Kılıç U, Kurtoğlu A (2019) Development of foreign trade and production in furniture hardware sector in Turkey. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 8 (2):92-100, <https://dergipark.org.tr/en/pub/duzzeitbd/issue/51527/642148>
- Kılıç U (2021) Mobilya üretiminde aksesuarların önemi ve aksesuar seçiminde ölçütlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Kılıç U, Dilik T (2022) Effective Factors in the Selection of Furniture Hardware and Alternative Approaches on Preference Priority. The 30 th International conference Research for Furniture Industry, pp:99-111, Poznan, Poland.
- Kurtoğlu A, Dilik T (2021) Mobilya Endüstrisi Ders Notu (Basılmamıştır). İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.
- OMKO (2022) Mobilya Ürünleri Sektörü için Amerika Pazarına Giriş Rehberi. Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, Ceyhan Atuf Kansu Cad. No: 120 Balgat, Ankara, Türkiye.
- Petrache BG (2019) Furniture accessories market: an exploratory approach at European market level, studies and scientific researches. *Economics Edition*, 29. <https://doi.org/10.29358/sceco.v0i29.434>
- Sharma A (2025) Furniture Hardware Market Report 2025 (Global Edition). CMR642652, <https://www.cognitivemarketresearch.com/furniture-hardware-market-report>
- Smardzewski J, Majewski A (2013) Strength and durability of furniture drawers and doors. *Materials & Design*, 51(October):61-66. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.03.101>
- Uçar E (2016) Mutfak mobilyası alanındaki global yönelimlerin Türkiye mutfak mobilyası sektöründeki yansımaları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- URL-1 <https://www.brayandscarff.com/blog/framed-vs-frameless-cabinets/>, Erişim tarihi: 25.09.2024.
- URL-2 <https://www.mainlinekitchendesign.com/general/storage-difference-between-framed-and-frameless-cabinets-lets-do-the-math/>, Erişim tarihi: 25.09.2024.
- URL-3 <https://meccinteriors.com/designbites/face-frame-and-frameless-cabinetry/>, Erişim tarihi: 25.09.2024.
- URL-4 <https://www.nist.gov/pml/owm/approximate-conversions-metric-us-customary-measures>, Erişim tarihi: 25.09.2024.
- URL-5 <https://www.ikea.com/us/en/p/micke-desk-black-brown-10244743/>, Erişim tarihi: 25.09.2024.
- URL-6 <https://www.ikea.com/tr/urun/micke-venge-105x50-cm-calisma-mai-10244743>, Erişim tarihi: 25.09.2024.
- URL-7 <https://www.tuv.com/world/en/lga-tested.html>, Erişim tarihi: 27.09.2024.
- URL-8 <https://www.accu.co.uk/p/126-what-is-the-difference-between-phillips-and-pozi-screw-heads>, Erişim tarihi: 27.09.2024.
- URL-9 <https://www.pinterest.com/pin/481111172680835884/>, Erişim tarihi: 27.09.2024.
- URL-10 <https://www.samet.com.tr/uploads/katalog/fil8e0e.pdf>, Erişim tarihi: 27.09.2024.
- URL-11 <https://www.cabinetparts.com/p/grass-hinges-lid-and-flap-stays-GHAF151135906201-p112965>, Erişim tarihi: 27.09.2024.

Essential Oil Composition of Oleaster (*Elaeagnus Angustifolia L.*) Flowers and Comparative Assessment of Metabolic and Antioxidant Potential of Flower and Leaf Extracts

İğde (*Elaeagnus angustifolia L.*) Çiçeklerinin Uçucu Yağ Bileşimi ve Çiçek ve Yaprak Ekstraktlarının Metabolik ve Antioksidan Potansiyelinin Karşılaştırılması

Fatih TONGUÇ^{*1}, Ümit ERDOĞAN², Sercan ÖNDER³, Muhammet TONGUÇ³

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Şarkikaraağaç Meslek Yüksekokulu Veterinerlik Bölümü, Isparta

³Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Isparta

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1685920

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Fatih TONGUÇ

e-mail: fatihtonguc46@gmail.com

Geliş tarihi / Received

28.04.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

23.07.2025

Kabul tarihi / Accepted

10.08.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Keywords:

Essential oil

Secondary metabolites

Silverberry

Essential oil components

Anahtar kelimeler:

Esansiyel yağ

İkincil metabolitler

İğde

Uçucu yağ bileşenleri

Abstract

The oleaster tree (*Elaeagnus angustifolia L.*) has different uses and is cultivated for fruit production, afforestation, landscape, as well as for food and medicinal purposes. The present study was conducted to identify volatile compounds of flowers and assess total phenolic, flavonoid, carotenoid and chlorophyll content of flowers and leaves and their antioxidant potentials. Oil yield of flowers was low (0.1%), 15 compounds were identified in flower oils, and the main volatile compounds were ethyl-cinnamate (93.87%) and ethyl phenylacetate (1.76%). The others were belong to six chemical class and accounted for less than 5% of oil. Total phenolic content of flowers was higher than that of leaves, but total flavonoid, carotenoid and chlorophyll content was higher in leaves. However, the antioxidant capacity measured by CUPRAC (67.49 vs 53.25 $\mu\text{mol TE}^{-1}$) and the radical scavenging activity measured by DPPH (22.30 vs 7.57 $\mu\text{mol TE}^{-1}$) were higher in flower extracts than the leaf extracts. These results suggest that oleaster flowers are a good source of ethyl-cinnamate and phenolic compounds.

Özet

İğde ağacı (*Elaeagnus angustifolia L.*) farklı kullanım alanlarına sahiptir ve meyve üretimi, ağaçlandırma, peyzaj ve bunlara ilave olarak gıda ve ilaç sanayisinde de kullanılmaktadır. Mevcut çalışma iğde çiçeklerinin uçucu bileşenlerini, çiçek ve yaprakların toplam fenolik, flavonoid, karotenoid ve klorofil içeriği ile antioksidan potansiyellerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. İğde çiçeklerinin uçucu yağ verimi düşük (%0.1) bulunurken, yağda toplam 15 uçucu bileşik tespit edilmiş ve ana uçucu bileşenlerin etil-sinamat (%93.87) ve etil fenilasetat (%1.76) olduğu belirlenmiştir. Diğer bileşikler altı kimyasal sınıfa ait olup uçucu yağın %5'inden azını oluşturmaktadır. Çiçeklerdeki toplam fenolik madde içeriği yapraklara göre daha yüksek olurken; flavonoid, karotenoid ve klorofil içerikleri ise yapraklarda daha yüksek olmuştur. Bununla birlikte, CUPRAC yöntemi ile ölçülen antioksidan kapasite (67.49-53.25 $\mu\text{mol TE}^{-1}$) ve DPPH yöntemi ile ölçülen radikal temizleme aktivitesi (22.30 - 7.57 $\mu\text{mol TE}^{-1}$) çiçeklerde yapraklardakine göre daha yüksek çıkmıştır. Elde edilen bu sonuçlar iğde çiçeklerinin etil-sinamat ve toplam fenolik bileşen içeriği bakımından iyi bir kaynak olabileceğini göstermektedir.

INTRODUCTION

Oleaster (*E. angustifolia L.*) is a tree from the *Elaeagnaceae* family, naturally growing in Europe and Asia (Katz and Shafroth 2003). The oleaster tree is referred to as Russian olive, silver berry and wild olive as well (Sevindik et al. 2025). Thanks to its resilience to several abiotic stress conditions, including drought and salinity, it is a suitable tree for land rehabilitation and prevention of erosion (Khamzina et al. 2009). Moreover, the oleaster tree possesses the capability to enhance soil's mineral composition (DeCant 2008).

The oleaster tree naturally found in most regions of Türkiye, possesses potential applications in food, cosmetics, agriculture, and medicine (Ishaq et al. 2015). Different parts of the tree, including leaves, flowers, fruits, pits, bark, oil and gum, are utilized in traditional medicine owing to their therapeutic attributes, which encompass antibacterial, antioxidant, antimutagenic, anti-inflammatory, anticancer, antiarthritic and hepatoprotective characteristics (Zare et al. 2023). In alternative medicine, decoctions derived from the fruits, flowers, leaves, and bark of the oleaster tree have been documented to address numerous ailments and their

Essential Oil Composition of Oleaster (*Elaeagnus Angustifolia L.*) Flowers and Comparative Assessment of Metabolic and Antioxidant Potential of Flower and Leaf Extracts

symptoms, such as alleviating pain and inflammation, wound healing, asthma, flatulence, vomiting, and nausea (Asadiar et al. 2013, Hamidpour et al. 2017, Hamidpour et al. 2019). Phytochemical analyses of different extracts from fruits, leaves and flowers revealed the presence of secondary metabolites, including vitamins, flavonoids, polysaccharides, phenolcarboxylic acids, saponins, carotenoids and tannins (Abizov et al. 2008, Okmen and Turkcan 2013, Farzaei et al. 2015). In addition, oleaster leaves and flowers also contain essential oils that could serve as a natural source for chemical substances with different applications in agriculture, food, and medicine (Bucur et al. 2007, Özdemir 2023). Oleaster populations show high genetic and metabolite diversity even in the same regions (Incilay 2014, Karkar and Şahin 2022, Sevindik et al. 2023). To the best of our knowledge, essential oil composition of leaves and flowers of the oleaster tree naturally growing in Isparta region of Türkiye has not been investigated. Due to potential uses of oleaster, the present study was carried out to determine composition of essential oils obtained from flowers and to assess metabolic and antioxidant potential of flower and leaf extracts obtained by hydrodistillation.

MATERIAL AND METHOD

Plant Material

Oleaster (*E. angustifolia*) leaves and flowers were collected from the campus of Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye, in June 15, 2023 and used for oil extraction (Figure 1).



Figure 1. Flowers and leaves of the oleaster tree

Methods

Essential Oil Extraction and Analysis

The essential oil of flowers was obtained using a Neo-Clevenger type hydro distillation system for 3 h. After the distillation process, the essential oil of flowers was collected in brown bottles and water from the oils were removed using anhydrous sodium sulfate. The gas chromatography/mass spectroscopy (GC/MS) (Shimadzu GC/MS-QP2010 SE, Japan) analysis was used to determine composition of essential oils. The instrument vaporizes the samples and separates their components using the SupportRx-5Sil MS capillary column (30 m x 0.25 mm, film thickness 0.25 µm). It is equipped with an FID (Flame Ionization Detector) for the identification of chemical compounds. The oven temperature was set first at 60 °C for 1 min and then increased to 250 °C at a rate of 4 °C min⁻¹ for 15 min and then remained at 250 °C for 15 min. The FID temperature was 280 °C and the same conditions applied for all analyses. One microliter of diluted sample was automatically injected from the closed vial, and helium was used as carrier gas with a 1 mL min⁻¹ flow rate. Simultaneous auto-injection was utilized to obtain equivalent retention times (RI). Peak areas in the chromatograms were used to identify the compounds (Erbaş et al. 2023). The compounds were identified by comparing the mass spectra obtained with NIST27 and NIST147 from the US National Institute of Standards and Technology (NIST) mass spectra libraries.

Preparation of Oleaster Flower and Leaf Samples for Extraction and Analysis

The flowers and leaves of Oleaster (*E. angustifolia*) were ground to powder in liquid nitrogen, and 1 g of sample was extracted with 20 mL of 80% methanol in an ultrasonic bath at 40 °C for 30 min (Önder et al. 2023). The antioxidant capacity (CUPRAC and DPPH), total phenolics and flavonoid content were measured from the supernatant after centrifugation at 10.000 rpm for 10 min.

Antioxidant capacities of the samples were determined by CUPRAC (Apak et al. 2004) and DPPH (Bener et al. 2022) methods. For the CUPRAC test, Cu (II) chloride and

Essential Oil Composition of *Oleaster (Elaeagnus Angustifolia L.)* Flowers and Comparative Assessment of Metabolic and Antioxidant Potential of Flower and Leaf Extracts

ammonium acetate were prepared with distilled water, and neocuproine was prepared in 96% ethanol. In the test tubes, 0.5 mL of the extract, 1 mL of Cu (II) chloride (10 mM), 1 mL of neocuproine (7.5 mM), 1 mL of ammonium acetate buffer (1 M), and 0.6 mL of distilled water were mixed. After 30 min, the absorbance of the samples was measured against the reagent blank at 450 nm with a UV-Vis spectrophotometer (Shimadzu UV-1280, Japan). Results were expressed as Trolox equivalent ($\mu\text{mol TE g}^{-1}$ FW).

For the DPPH method, 0.2 mM DPPH reagent was dissolved in absolute ethanol. One mL of extract and 2 mL of 0.2 mM DPPH reagent were mixed, the final volume was brought to 4 mL with ethanol. The reaction was incubated at room temperature under dark for 30 min, and then the absorbance value was measured at 515 nm. The DPPH• radical-scavenging activity was expressed as Trolox equivalent ($\mu\text{mol TE g}^{-1}$ FW).

The total phenolics content of flowers and leaves was determined according to Folin-Ciocalteu method (1927). Sample extracts (100 μL) were mixed with 2.5 mL of deionized water and 100 μL of Folin-Ciocalteu reagent. The test tubes were mixed, and after 6 min, 0.5 mL of 20% sodium carbonate was added. The absorbance value of the reaction was measured at 760 nm using a spectrophotometer after a 30 min incubation period. Total phenolics content was given as gallic acid equivalents (GAE) in $\mu\text{g g}^{-1}$ FW.

Flavonoid content was assessed following Sanaka et al. (2005) using aluminum chloride. Sample extract (250 μL), 1.25 mL of deionized water, and 75 μL of 5% sodium nitrite were mixed in a tube and kept in the dark for 6 min. Then, 250 μL of 10% aluminum chloride was added and incubated for 5 min. Finally, 500 μL of 1 M sodium hydroxide and 0.275 mL of deionized water were added to the reaction to make a final volume of 2.5 mL. Absorbance values were measured at 510 nm using a spectrophotometer after incubation for 15 min under dark. Flavonoid content was expressed as (\pm)-catechin equivalents (CAE) in $\mu\text{g g}^{-1}$ FW.

To determine chlorophyll and carotenoid contents in flowers and leaves, samples (1 g) were extracted with dimethylformamide (10 mL). The obtained supernatant was measured at 480, 647 and 664 nm using a spectrophotometer. Chlorophyll and carotenoid content of the samples were calculated according to the following formula (Zhang and Huang 2013):

$$\text{Chlorophyll a } (\mu\text{g mL}^{-1}) = (12.7 \times A_{664}) - (2.79 \times A_{647})$$

$$\text{Chlorophyll b } (\mu\text{g mL}^{-1}) = (20.7 \times A_{647}) - (4.62 \times A_{664})$$

$$\text{Total chlorophyll} = (17.9 \times A_{647}) + (8.08 \times A_{664})$$

$$\text{Total carotenoid } (\mu\text{g mL}^{-1}) = [(1000 \times A_{480}) - (0.89 \times \text{chlorophyll a})] / 245$$

All analyses were carried out with three replications, and the average of replications along with standard deviations (SD) were presented.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Essential Oil Composition of Flowers

Hydro-distillation of flowers resulted in a pale-yellow oil with a yield of 0.1% relative to the fresh mass. Table 1 displays the components in the sequence of elution from the DB-5 column, along with the percentage composition and retention indices of each compound identified in the oil samples. The GC/MS analysis identified 15 volatile compounds, varying from predominant to trace quantities. Oxygenated terpenoid compounds were the predominant portion of the oil, accounting for nearly all the volatile oil (94.66%) (Table 1). Among all the characterized components, ethyl cinnamate, an aromatic ester in the oxygenated monoterpene compound class, was found to be the major component (93.87%). The others (n=14) were found in minimal quantities, with most occurring at levels below 0.6%. Other oxygenated monoterpene compounds identified were 1.8-cineole (0.56 %) and 4-terpineol (0.12%). On the other hand, volatile chemical analysis of flowers revealed the presence of compounds with different functional groups, such as alkanes (1.53%), aldehydes (0.15%), esters (0.82%), phenylacetates (1.76%), and ketones (0.50%) as well. Several reports exist regarding the oil content and

chemical composition of oleaster flowers from various countries. Oleaster flowers reported to have 0.05% (Bucur et al. 2007) and 0.01% (Torbati et al. 2016) oil content. Zhaolin et al. (1989) reported that the main component of the essential oil obtained from the flowers was *E*-ethyl cinnamate (78.88%). Other studies also revealed that the principal components detected in flowers of oleaster from Romania were limonene, *E*-ethyl cinnamate, 2-phenyl ethyl isovalerate, anethol, 2-phenyl ethyl benzoate, nerolidol, squalene and acetophenone (Bucur et al. 2007) and from China were *E*-ethyl cinnamate (77.36%), (*E*)-2-methoxy-4-(1-propenyl) phenol (3.03%), acetal (2.70%), *Z*-ethyl cinnamate (1.09%), and ethyl benzenacetate (1.06%) (Qiao et al. 2011). The comparison of our findings with prior literature reveals significant parallels and variances regarding the chemical composition and number of volatile constituents of the flower oil. The primary similarity between the previously analyzed oils and our studied flower oil is the presence of *E*-ethyl cinnamate as the principal component (93.87%), which has been shown to have insecticidal and nematocidal activities (Choi et al. 2006, Abdelgaleil et al. 2008, Özdemir 2023).

In contrast, different volatile compounds, such as anethole, squalene, limonene, β -myrcene and acetophenone, were identified in significant quantities in prior studies (Bucur et al. 2007, Incilay 2014); however, they were absent in our analyzed pure oils, indicating great variation exists for volatile constituents. Incilay (2014) and Karkar and Şahin (2022) reported that the amount of secondary metabolites differs between samples collected from various locations within the same district. These results suggest that various factors, such as climate, location, altitude, extraction procedures and collection time may contribute to the observed variances in the composition of flower oils (Mojarrab et al. 2013, Nikbakht et al. 2013). While the present study revealed total of 15 compounds, other researchers reported very different numbers for oleaster flower oil; 14, 17 and 22 (Elmi et al. 2017), 53 (Torbati et al. 2016), 44 (Incilay 2014) and 42 (Bucur et al. 2007) compounds were reported in oleaster flower oils. These results suggest that different chemotypes of oleaster could be found in this species, as was observed in basil (*Ocimum basilicum L.*) (Telci et al. 2006).

Antioxidant Capacity

The free radical scavenging ability and total antioxidant capacity of extracts from different parts of oleaster were evaluated using the DPPH and CUPRAC assays since these assays are different for selectivity, sensitivity and reaction mechanisms (Apak et al. 2007). The CUPRAC and DPPH assay results for the flower and leaf extracts of the plant are presented in Table 2. The CUPRAC method is a straightforward and broadly applicable technique for assessing the antioxidant potential of plasma antioxidants, flavonoids, phenolic compounds, vitamin C and E, utilizing the chromogenic oxidant Cu (II)-neocuproine (Nc) reagent (Apak et al. 2004). Furthermore, the reagent employed in this methodology is stable, cost-effective, readily obtainable, and reactive to both lipophilic and hydrophilic antioxidants (Apak et al. 2007). Results revealed that the antioxidant power of flowers exhibited stronger antioxidant ability compared to that of the leaves. The CUPRAC values of the tested flowers and leaves resulted in 67.49 ± 0.98 and 53.25 ± 1.50 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$ FW, respectively.

Essential Oil Composition of Oleaster (*Elaeagnus Angustifolia L.*) Flowers and Comparative Assessment of Metabolic and Antioxidant Potential of Flower and Leaf Extracts

Table 1. Chemical composition of essential oils extracted from oleaster flowers

No	RI ^a	RI ^b	Components	Formula	Class	(%)
1	1032	1032	1,8-Cineole	C ₁₀ H ₁₈ O	OM	0.56
2	1066	1127	3,7-Dimethyldecane	C ₁₂ H ₂₆	Alk	0.39
3	1072	1221	3,7-Dimethylundecane	C ₁₃ H ₂₈	Alk	0.08
4	1107	1104	Nonanal	C ₉ H ₁₈ O	Ald	0.15
5	1170	1171.3	Ethyl benzoate	C ₉ H ₁₀ O ₂	Est	0.82
6	1180	1177.1	4-Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	OM	0.12
7	1246	1244	Ethyl phenylacetate	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	Phe	1.76
8	1287	1249	5-Butylnonane	C ₁₃ H ₂₈	Alk	0.36
9	1473	1460	Ethyl cinnamate	C ₁₁ H ₁₂ O ₂	OM	93.87
10	1480	1480.6	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	SH	0.46
11	1500	1800	Octadecane	C ₁₈ H ₃₈	Alk	0.40
12	1576	1576.4	Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	OS	0.11
13	1841	1845	Phytone	C ₁₈ H ₃₆ O	Ket	0.50
14	2100	2100	Heneicosane	C ₂₁ H ₄₄	Alk	0.22
15	2300	2300	Tricosane	C ₂₃ H ₄₈	Alk	0.08
Class compositions						
Oxygenated monoterpene (OM)						94.55
Oxygenated sesquiterpenoid (OS)						0.11
Alkane (Alk)						1.53
Aldehyde (Ald)						0.15
Ester (Est)						0.82
Phenylacetate (Phe)						1.76
Sesquiterpene hydrocarbon (SH)						0.46
Ketone (Ket)						0.50
Total						99.88

^aRetention index were determined on a Restek Rxi®-5Sil MS column via standards consisting of C7-C30 n-alkanes

^bRetention index from literature (Babushok et al. 2011)

Table 2. Antioxidant potential, total phenolic, flavonoid, chlorophyll and carotenoid content of oleaster flowers

	Flowers	Leaves
CUPRAC (μmol TE ⁻¹)	67.49±0.98	53.25±1.50
DPPH (μmol TE ⁻¹)	22.30±0.25	7.57±0.30
Total Phenolic Content (μg g ⁻¹)	860.00±54.65	660.00±20.66
Total Flavonoid Content (μg g ⁻¹)	441.67±17.21	510.19±28.69
Chlorophyll a (μg mL ⁻¹)	11.80±0.37	24.26±0.10
Chlorophyll b (μg mL ⁻¹)	5.24±0.60	38.65±0.16
Total chlorophyll (μg mL ⁻¹)	17.04±0.97	62.89±0.26
Total carotenoid (μg mL ⁻¹)	8.27±0.17	13.11±0.05

In the DPPH assay, the lack of DPPH radical absorption at 515 nm due to receipt of an electron or hydrogen radical from an antioxidant compound to become a stable molecule and it is expressed as a measure of antioxidant capacity (Siddhuraju and Becker 2007). The DPPH results of antioxidant power (μmol TE g⁻¹ FW) of flowers and leaves also followed a similar order as in the CUPRAC test.

In the DPPH test, flowers produced a DPPH value of 22.30±0.30 μmol TE g⁻¹ FW, while leaves produced a DPPH value of 7.57±0.30 μmol TE g⁻¹ FW. Flowers of oleaster showed higher antioxidant properties than the leaves as measured by the DPPH method, and it was reported to range from 0.54 to 2.43 μg TEAC g⁻¹ DW (Incilay 2014). The same author also noted that oleaster

Essential Oil Composition of Oleaster (*Elaeagnus Angustifolia L.*) Flowers and Comparative Assessment of Metabolic and Antioxidant Potential of Flower and Leaf Extracts

populations exhibited different phenolic content and antioxidant capacity. However, extraction methods and solvents had significant effects on final concentration of phytochemicals and antioxidant capacity of the samples; therefore, optimal extraction parameters should be employed to obtain the highest yields for comparison of the results (Karkar and Şahin 2022, Darvishzadeh and Orsat 2022).

Total Phenolic and Flavonoid Content

Phenolic compounds and flavonoids play key roles in the diverse biological activities of plants. The total phenolic content in the flower and leaf extracts of oleaster was measured using the Folin-Ciocalteu method, with results expressed as $\mu\text{g GAE}$ per gram of fresh material. The total flavonoid content of oleaster flowers and leaves was quantified as mg CAE per gram of fresh sample. The current study assessed the floral ($860.00 \pm 54.65 \mu\text{g g}^{-1}$) and leaf total phenolic content ($660.00 \pm 20.66 \mu\text{g g}^{-1}$) of the oleaster. However, the total flavonoid content of the flowers ($441.67 \pm 17.21 \mu\text{g g}^{-1}$) of oleaster was lower than that of the leaves ($510.19 \pm 28.69 \mu\text{g g}^{-1}$). The total phenolic and flavonoid content of oleaster were assessed using fruits, leaves, flowers, and seeds. The total phenolic content of oleaster ranged from 0.01 to 1179.0 $\text{mg GAE } 100 \text{ g}^{-1}$ (Inciay 2014, Amini et al. 2019, Faki et al. 2022); however, it has been reported that the total flavonoid value varies between 0.40 and 489.50 $\text{mg CAE } 100 \text{ g}^{-1}$ (Amini et al. 2019, Simsek and Sufer 2021, Sevindik et al. 2025). Similarly, the total phenolic content of leaves was found to be lower than that of flowers, and the flower and leaf extracts yielded 16 and 20 phenolic compounds in oleaster (Saboonchian et al. 2014, Karkar and Şahin 2022); however, the total flavonoid content of flowers was reported to be higher in Niğde populations (Karkar and Şahin 2022). These results indicate that oleaster could serve as a source of natural compounds exhibiting various biological activities due to its abundant phenolic and flavonoid composition.

Total Chlorophyll and Carotenoid Content

Total carotenoid and chlorophyll content of oleaster flower and leaf extracts were expressed as $\mu\text{g mL}^{-1}$ sample. Leaves were found to have higher total carotenoid and chlorophyll content compared to flowers.

As expected, the total chlorophyll content of flowers was lower than that of leaves, which was determined to be 17.04 ± 0.99 and $62.89 \pm 0.26 \mu\text{g mL}^{-1}$, respectively. Similarly, total carotenoid content was higher in leaves ($13.11 \pm 0.05 \mu\text{g mL}^{-1}$) than in the flowers ($8.27 \pm 0.17 \mu\text{g mL}^{-1}$). Total carotenoid content was reported to be higher in leaf extracts than in flower extracts in oleaster populations from Niğde province (Karkar and Şahin 2022).

CONCLUSIONS

Oleaster is a tree species with significant potential and diverse applications in the food, cosmetic, and pharmaceutical industries. In summary, the composition of the essential oil obtained from its flowers was identified and reported. GC-MS analysis identified 15 components and the main component of the flower oil was ethyl cinnamate. Flower and leaf methanolic extracts were evaluated for their radical scavenging activity, total antioxidant capacity, total phenolic, flavonoid, chlorophyll, and carotene content. The total phenolic content, radical scavenging activity, and antioxidant capacity of extracts obtained from the flowers were higher than those of the leaf extracts. Conversely, total flavonoid, chlorophyll, and carotenoid content were higher in leaves. Diversity and number of chemical compounds show that there is a great variation exists within flower oils and differentiation of genotypes based on volatile constituents should be explored. The findings also suggest that oleaster flowers and leaves could be good sources of secondary compounds, and they may be used to obtain natural chemicals with diverse biological functions.

REFERENCES

- Abdelgaleil SA, Abbassy MA, Belal AS, Abdel Rasoul MA (2008) Bioactivity of two major constituents isolated from the essential oil of *Artemisia judaica* L. *Bioresource Technology*, 99:5947-5950.
- Abizov EA, Tolkachev ON, Mal'Tsev SD, Abizova EV (2008) Composition of biologically active substances isolated from the fruits of Russian olive (*Elaeagnus angustifolia*) introduced in the European part of Russia. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 42:696-698.
- Amini MH, Ahmady A, Zhakfar AM, Sediqi MN, Babak G (2019) Preliminary phytochemical profile, *in vitro* antioxidant and sun protective activities of *Alhagi pseudalhagi* and *Elaeagnus angustifolia* L. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 31:1-13.

Essential Oil Composition of Oleaster (*Elaeagnus Angustifolia L.*) Flowers and Comparative Assessment of Metabolic and Antioxidant Potential of Flower and Leaf Extracts

- Apak R, Güçlü K, Özyürek M, Karademir SE (2004) Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:7970-7981.
- Apak R, Güçlü K, Demirata B, Özyürek M, Çelik SE, Bektaşoğlu B, Berker KI, Özyurt D (2007) Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12:1496-1547.
- Asadiar LS, Rahmani F, Siami A (2013) Assessment of genetic diversity in the Russian olive (*Elaeagnus angustifolia*) based on ISSR genetic markers. *Revista Ciencia Agronomica*, 44:310-316.
- Babushok VI, Linstrom PJ, Zenkevich IG (2011) Retention indices for frequently reported compounds of plant essential oils. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 40: 043101.
- Bener M, Şen FB, Önem AN, Bekdeşer B, Çelik SE, Lalikoglu M, Aşçı YS, Capanoglu E, Apa R (2022) Microwave-assisted extraction of antioxidant compounds from by-products of Turkish hazelnut (*Corylus avellana* L.) using natural deep eutectic solvents: modeling, optimization and phenolic characterization. *Food Chemistry*, 385:132633.
- Bucur L, Stanciu G, Istudor V (2007) The GC-MS analysis of *Elaeagnus angustifolia* L. flowers essential oil. *Revista De Chimie-Bucharest-Original Edition*, 58:1027-1029.
- Choi IH, Park JY, Shin SC, Park IK (2006) Nematicidal activity of medicinal plant extracts and two cinnamates isolated from *Kaempferia galanga* L. (Proh Hom) against the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *Nematology*, 8:359-365.
- Darvishzadeh P, Orsat V (2022) Microwave-assisted extraction of antioxidant compounds from Russian olive leaves and flowers: optimization, HPLC characterization and comparison with other methods. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 27:100368.
- DeCant JP (2008) Russian olive, *Elaeagnus angustifolia*, alters patterns in soil nitrogen pools along the Rio Grande River, New Mexico, USA. *Wetlands*, 28:896-904.
- Elmi F, Dehghan G, Beigzadeh B (2017) Qualitative and quantitative changes of essential composition in the flowers of some populations of *Elaeagnus angustifolia*. *Future Natural Products*, 3:1-6.
- Erbaş S, Erdoğan Ü, Mutlucan M (2023) The scent compounds of immortelle ecotypes (*Helichrysum italicum* (Roth) G. Don.) grown in Türkiye and its new products (absolute and concrete). *South African Journal of Botany*, 158:301-311.
- Fakı R, Canbay HS, Gürsoy O, Yılmaz Y (2022) Antioxidant activity, physico-chemical and fatty acid composition of oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) varieties naturally grown in Western Mediterranean Region of Turkey. *Akademik Gıda*, 20:329-335.
- Farzaei MH, Bahramsoltani R, Abbasabadi Z, Rahimi R (2015) A comprehensive review on phytochemical and pharmacological aspects of *Elaeagnus angustifolia* L. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 67:1467-1480.
- Folin O, Ciocalteu V (1927) On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 73:627-650.
- Hamidpour R, Hamidpour S, Hamidpour M, Shahlari M, Sohraby M, Shahlari N, Hamidpour R (2017) Russian olive (*Elaeagnus angustifolia* L.): from a variety of traditional medicinal applications to its novel roles as active antioxidant, anti-inflammatory, anti-mutagenic and analgesic agent. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 7:24-29.
- Hamidpour R, Hamidpour S, Doostmohamadi P (2019) Chemistry, pharmacology and medicinal property of Russian olive (*Elaeagnus angustifolia* L.). *Cancer Science & Research*, 6:1-7.
- Incilay G (2014) Volatile composition, antimicrobial and antioxidant properties of different parts from *Elaeagnus angustifolia* L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17:1187-1202.
- Ishaq S, Rathore HA, Sabir SM, Maroof MS (2015) Antioxidant properties of *Elaeagnus umbellata* berry solvent extracts against lipid peroxidation in mice brain and liver tissues. *Food Science and Biotechnology*, 24:673-679.
- Karkar B, Şahin S (2022) Determination of phenolic compounds profiles and antioxidant properties of oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) grown in Turkey. *European Food Research and Technology*, 248:219-241.
- Katz GL, Shafroth PB (2003) Biology, ecology and management of *Elaeagnus angustifolia* L. (Russian olive) in western North America. *Wetlands*, 23:763-777.
- Khamzina A, Lamers JP, Vlek PL (2009) Nitrogen fixation by *Elaeagnus angustifolia* in the reclamation of degraded croplands of Central Asia. *Tree Physiology*, 29:799-808.
- Mojarrab M, Delazar A, Esnaashari S, Afshar FH (2013) Chemical composition and general toxicity of essential oils extracted from the aerial parts of *Artemisia armeniaca* Lam. and *A. incana* (L.) druce growing in Iran. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 8:65-69.
- Nikbakht MR, Esnaashari S, Afshar FH (2013) Chemical composition and general toxicity of essential oil extracted from the stalks and flowers of *Rheum ribes* L. growing in Iran. *Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences*, 2:165-170.
- Okmen G, Turkan O (2013) The antibacterial activity of *Elaeagnus angustifolia* L. against mastitis pathogens and antioxidant capacity of the leaf methanolic extracts. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 12:491-496.
- Önder D, Erdoğan Ü, Önder S (2023) Comparison of biochemical and antioxidant activities of ultrasonic-assisted extraction with different solvents in olive leaf. *BiotechStudies*, 32:31-40.
- Özdemir FGG (2023) İğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) yaprak ekstraktının kök ur nematoduna karşı kullanımı. *ÇOMU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11:300-305.
- Qiao HJ, Yang JT, Yang X, Zhao LB, Li TH (2011) GC-MS analysis of chemical composition of volatile oil from flowers of *Elaeagnus angustifolia* L. *Food Science*, 32:233-235.
- Saboonchian F, Jamei R, Sarghein SH (2014) Phenolic and flavonoid content of *Elaeagnus angustifolia* L. (leaf and flower). *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 4:231-238.
- Sakanaka S, Tachibana Y, Okada Y (2005) Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (kakinoha-cha). *Food Chemistry*, 89:569-575.
- Sevindik E, Özbent S, Sofyaloğlu E (2023) Genetic relationship analysis of some *Elaeagnus angustifolia* L. populations grown in Izmir, Türkiye, using SCoT markers. *Erwerbs-Obstbau*, 65:1185-1190.
- Sevindik M, Krupodorova T, Sevindik E, Koçer O, Uysal I, Ünal O (2025) *Elaeagnus angustifolia* L.: a comprehensive review of its biological activities, phenolic and chemical constituents, and applications. *Applied Fruit Science*, 67:70.
- Siddhuraju P, Becker K (2007) The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chemistry*, 101:10-19.
- Simsek M, Sufer Ö (2021) Physical, bioactive and textural properties of oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) fruit from different locations in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9:723-727.

Essential Oil Composition of Oleaster (*Elaeagnus Angustifolia L.*) Flowers and Comparative Assessment of Metabolic and Antioxidant Potential of Flower and Leaf Extracts

- Telci I, Bayram E, Yılmaz G, Avcı B (2006) Variability in essential oil composition of Turkish basil (*Ocimum basilicum L.*). *Biochemical Systematics and Ecology*, 34:489-497.
- Torbati M, AsnaashSevindikari S, Afshar FH (2016) Essential oil from flowers and leaves of *Elaeagnus angustifolia* (Elaeagnaceae): composition, radical scavenging and general toxicity activities. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 6:163-169.
- Zare A, Khorshidi J, Vafae Y (2023) Natural biochemical and morphological diversity of oleaster (*Elaeagnus angustifolia L.*) genotypes from the west of Iran: applicable for conservation, domestication, and breeding. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 70:2575-2592.
- Zhang Z, Huang R (2013) Analysis of malondialdehyde, chlorophyll proline, soluble sugar, and glutathione content in *Arabidopsis* seedling. *Bio-Protocol*, 3:e817.
- Zhaolin L, Ning C, Dunyuan X, Haiquan L, Yaozu C (1989) Study on chemical constituents of volatile oil of fresh flowers of *Elaeagnus angustifolia L.* *Chemical Journal of Chinese Universities*, 10:804-808.

Kampüs Alanlarında Yenilebilir Bitkilerin Kullanım Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü Örneği

Evaluation of the Utilization Potential of Edible Plants in Campus Areas: The Case of Iğdır University Şehit Bülent Yurtseven Campus

Rıdvan TİK*¹ , Tuncay KAYA¹ 

¹Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Iğdır

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi / Research article
DOI: 10.17474/artvinofd.1719542

*Sorumlu yazar/Corresponding author
Rıdvan TİK
e-mail: ridvan.tik@igdir.edu.tr

Geliş tarihi / Received
14.06.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form
08.08.2025

Kabul tarihi / Accepted
10.08.2025

Elektronik erişim / Online available
15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Iğdır
Odunsu taksonlar
Peyzaj mimarlığı
Yenilebilir bitkiler

Keywords:

Iğdır
Woody taxa
Landscape architecture
Edible plants

Özet

Günümüzde sürdürülebilirlik, ekolojik denge ve estetik unsurlar, peyzaj mimarlığında önemli tasarım kriterleri hâline gelmiştir. Bu çerçevede, yenilebilir odunsu bitkilerin peyzaj tasarımında kullanımı hem işlevsel hem de çevresel açıdan çeşitli faydalar sağlamaktadır. Meyve veren ağaç ve çalı türleri; estetik görünümüleriyle görsel zenginlik katmakta, biyolojik çeşitliliği desteklemekte, kent tarımına katkı sunmakta ve kullanıcıların doğayla etkileşimini artırmaktadır. Bu çalışma, üniversite kampüslerinde yenilebilir bitkilerin peyzaj tasarımındaki potansiyelini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma alanı olarak Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü seçilmiş; kampüs içerisinde doğal veya kültürel olarak yetişen yenilebilir özelliğe sahip bitki taksonları tespit edilmiştir. Toplam 34 takson belirlenmiş olup, bu bitkilerin familyaları, yaşam formları, yaprak ve çiçek renkleri, sonbahar renklemeleri, olgun meyve renkleri ve yenilebilir kısımları değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, en fazla yenilebilir takson içeren familyanın Rosaceae olduğu saptanmıştır. İncelenen bitkilerden 22'sinin meyvesi, 8'inin çiçeği, 3'ünün yaprağı, 2'sinin özsuğu ve 1'inin toprak altı organı yenilebilir niteliktedir. Elde edilen veriler doğrultusunda, kampüs alanlarında yenilebilir bitkilerin sürdürülebilir peyzaj tasarımı yaklaşımlarıyla daha planlı ve yaygın bir şekilde kullanılması gerektiği vurgulanmıştır.

Abstract

Today, sustainability, ecological balance and aesthetic elements have become important design criteria in landscape architecture. In this context, the use of edible woody plants in landscape design provides both functional and environmental benefits. Fruiting tree and shrub species add visual richness with their aesthetic appearance, support biodiversity, contribute to urban agriculture and increase the interaction of users with nature. This study was carried out to reveal the potential of edible plants in landscape design in university campuses. Iğdır University Şehit Bülent Yurtseven Campus was selected as the research area and edible plant taxa growing naturally or culturally in the campus were identified. A total of 34 taxa were identified and the families, life forms, leaf and flower colors, autumn coloration, ripe fruit colors and edible parts of these plants were evaluated. According to the results, Rosaceae was found to be the family with the highest number of edible taxa. Of the plants examined, the fruits of 22, flowers of 8, leaves of 3, sap of 2 and subsoil organs of 1 are edible. In line with the data obtained, it is emphasized that edible plants should be used more planned and widely in campus areas with sustainable landscape design approaches.

GİRİŞ

Bitkiler, peyzaj planlamasında çok önemli tasarım elemanlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Dal, çiçek, meyve ve yapraklarının renk ve biçimleri, mevsimsel renk değişimleri ile doku özellikleri sayesinde kullanıldıkları alanlara estetik niteliği açısından farklı algılar kazandırmaktadırlar. Bununla birlikte, sürekli yeşil yapıları sayesinde hava kirliliğini azaltma, gürültüyü engelleme, rüzgâr, gaz ve toz etkilerini hafifletme, kent formuna dinamizm kazandırma, ulaşım akslarını belirleme, erozyonu önleme ve iklimsel konforun artırılması gibi işlevsel katkılar sunarak yaşam kalitesinin artırılmasına da

önemli ölçüde katkı sağlamaktadırlar (Kurşun 2014). Bu bağlamda yenilebilir bitkiler, yalnızca besleyici özellikleri ve biyoçeşitliliğe sağladıkları katkılarla değil, aynı zamanda buldukları bölgenin kültürel yapısıyla etkileşim içinde şekillenen tat algısı ve tercihler yoluyla yerel kültürün ayrılmaz bir parçası hâline gelmektedir. Bu bitkiler, toplumsal kimliğin oluşumunda ve kültürel belleğin aktarımında da önemli bir rol oynamaktadır. Yaprak, sap, kök, yumru, meyve ve sürgün gibi yenilebilir kısımları bulunan bu bitkiler ayrıca baharat, içecek (çay, salep), sakız ya da atıştırmalık (çiçek ve tohum) biçiminde geniş bir kullanım alanına sahiptir (Ertuğ 2014).

Yenilebilir bitkiler; İnsan tüketimine uygun besinsel açıdan zengin tarla bitkileri, sebze ve meyve gibi bahçe bitkilerinin yanı sıra, yaprak, çiçek gibi yenilebilen organlara sahip ağaç, ağaççık ve yer örtücü türleri kapsamaktadır. Bu bitkiler, yalnızca beslenme amacıyla değil, sahip oldukları çiçek ve meyve estetiği, sonbahar döneminde gösterdikleri renk değişimleri, gövde dokusu ve genel görünümü (habitus) ile peyzaj tasarımlarında da önemli bir yer tutmaktadır. Estetik ve işlevsel nitelikleri bir arada sunan bu bitkiler aracılığıyla oluşturulan yenilebilir bahçeler, hem bireysel hem kamusal alanlarda görsel zenginlik sağlarken aynı zamanda kent sakinlerinin gıda ihtiyaçlarına katkı sunmaktadır (Larinde ve Oladele 2014, Olgun ve ark. 2018).

Özellikle Meyve ağaçları, kentsel tarım araştırmalarında görece sınırlı bir ilgiyle karşılaşsa da, kentlerde yaşayan bireylerin bu ağaçlara yönelik ilgisi son yıllarda dikkat çekici biçimde artış göstermektedir. Özellikle çok yıllık bitkiler olmaları ve sınırlı yüzey alanlarında dahi yüksek verim sağlayabilmeleri nedeniyle, meyve ağaçları kentsel gıda üretimi ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir potansiyele sahiptir (Çelik 2017, Colinas ve ark. 2019). Bu özellikleri, onları kent tarımı bağlamında daha fazla araştırılmaya değer bir konu hâline getirmektedir.

Meyve ağaçları, hem estetik hem de işlevsel özellikleriyle peyzaj mimarlığı uygulamalarında önemli bir yer tutmaktadır. Yenilebilir meyveler üretmeleri dolayısıyla gıda temini açısından değer taşımalarının yanı sıra, görsel kaliteyi artıran süs bitkisi işlevi de görmektedirler. Bu çok işlevli yapıları sayesinde, sadece bireysel tüketim ya da süsleme amacıyla değil, aynı zamanda ticari üretim amacıyla da değerlendirilebilmektedirler. Kentsel alanlarda meyve ağaçlarının kullanımı, estetik nitelikli açık mekân tasarımlarına katkı sağlamakla birlikte; konut çevreleri, eğitim kurumları, kamuya açık yeşil alanlar, sokak peyzajları, topluluk bahçeleri, kampüsler, kentsel orman alanları ve yeşil yol sistemleri gibi çeşitli kentsel açık mekânların planlamasında ve tasarımında bütüncü bir unsur olarak rol oynamaktadır (Bulut ark. 2007).

Bu bağlamda üniversite kampüsleri, hem sosyal yaşamın hem de ekolojik sistemlerin bir arada yer aldığı çok işlevli alanlar olarak, yenilebilir bitkilerin kullanım potansiyelini

değerlendirmek için uygun ortamlar sunmaktadır. Yenilebilir odunsu bitkiler, peyzaj tasarımında estetik değerlerin yanında biyolojik çeşitlilik, kent tarımı ve gıda güvenliği gibi işlevsel katkılar sağlamaktadır.

Ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalar arasında, Trabzon ekolojik koşullarında konumlanan kent parklarında yenilebilir bitkilere yönelik kullanıcı taleplerini etkileyen demografik ve sosyo-kültürel özelliklerin analiz edildiği bir araştırmaya yer verilmektedir (Yalçınalp ve Demirci 2018). Benzer biçimde, yenilebilir meyve üreten odunsu bitkilerin morfolojik ve peyzaj değeri açısından değerlendirilerek peyzaj mimarlığında kullanım potansiyelinin KTÜ Kanuni Kampüsü örneğinde incelendiği bir çalışma da literatürde yer almaktadır (Güneroğlu ve Pektaş 2022). Ayrıca, Erzurum kentinin açık ve yeşil alanlarında meyve ağaçları, ağaççıklar ve çalı türlerinin kullanım durumunu ortaya koyan başka bir araştırma da bu alandaki bilgi birikimine katkı sunmaktadır (Dikmen ve Yılmaz 2021). Bir başka çalışmada, meyvesi yenebilen bazı bitki türlerinin estetik açıdan peyzaj mimarlığı uygulamalarında "çok uygun", işlevsel açıdan ise "uygun" olarak değerlendirildiği belirlenmiştir. Hem estetik hem de işlevsel özellikleri bakımından peyzaj çalışmalarında kullanıma en uygun türlerin başında *Elaeagnus orientalis* (İğde), *Citrus sinensis* (Portakal) ve *Arbutus unedo* (Kocayemiş) gelmektedir. Ancak bu türlerin peyzaj tasarımlarında kullanılabilirliği, uygulanacak bölgenin ekolojik koşullarına bağlı olarak farklılık gösterebileceğinden, tür seçimi yapılırken yerel çevre koşullarının dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır (Ak ve Güneş 2023). Ayrıca Çorbacı ve Ekren (2022), çalışmaları kapsamında Kahramanmaraş kentindeki kentsel açık yeşil alanlarda yetişen yenilebilir özellikte bitki taksonlarını belirlemiştir.

Bu çalışmanın temel amacı, üniversite kampüs alanlarında yenilebilir bitkilerin peyzaj tasarımındaki kullanım potansiyelini ortaya koymak ve bu bitkilerin sürdürülebilir peyzaj anlayışı çerçevesinde değerlendirilmesine katkı sağlamaktır. Bu kapsamda, Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü örneğinde, doğal ya da kültürel olarak yetişen yenilebilir özellikteki odunsu bitki taksonlarının tespiti yapılmış; bu taksonların morfolojik özellikleri, yenilebilir kısımları, mevsimsel değişimleri ve

estetik katkıları analiz edilmiştir. Çalışma, kampüs alanlarının yalnızca estetik ve rekreatif değil, aynı zamanda üretken ve çevresel açıdan duyarlı yaşam alanları olarak planlanmasına yönelik farkındalık oluşturmayı hedeflemektedir. Ayrıca kent tarımı, gıda güvenliği ve ekolojik çeşitlilik gibi güncel konularla doğrudan ilişkili olan yenilebilir bitkilerin, kentsel açık alan tasarımlarına entegre edilmesine yönelik bilimsel bir temel oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, elde edilen veriler ışığında kampüs ölçeğinde uygulanabilir peyzaj önerileri geliştirilmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu araştırmanın ana materyalini, 2017-2025 yılları arasında Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nde peyzaj projesi kapsamında dikimi ve bakımı yapılan, sekiz yıl içerisinde aşamalı olarak adaptasyonu sağlanmış peyzaj bitkileri (ağaçlar, ağaççıklar, çalılar ve sarılıcılar) oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında her mevsimde düzenli olarak kampüs alanında gözlemler gerçekleştirilmiş; spor alanları, refüjler, giriş düzenlemeleri, rekreasyon alanları ile oturma ve dinlenme alanlarındaki bitkiler yerinde incelenmiş ve düzenli bakım çalışmaları yürütülmüştür.

Iğdır ilinde kurulan ilk yükseköğretim kurumu, 1995 yılında Kars Kafkas Üniversitesi'ne bağlı olarak açılan Iğdır Meslek Yüksekokulu'dur. 2006 yılında yine Kafkas Üniversitesi'ne bağlı olarak Iğdır Ziraat Fakültesi kurulmuş, 2008 yılında ise Iğdır Üniversitesi müstakil bir üniversite olarak teşkil edilmiş ve mevcut birimler bu yeni üniversite çatısı altına alınmıştır. 2014 yılında hizmet vermeye başlayan Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü bünyesinde çok sayıda bina inşa edilmiş ve bu alanların peyzaj projeleri tamamlanarak kullanıma sunulmuştur. Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nün peyzaj projesine 2016 yılında başlanmış, proje 2020 yılında tamamlanmıştır (Şekil 1).

Yöntem

Bu çalışmada, Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nde yer alan peyzaj projesi kapsamında dikilen

yenilebilir bitki taksonları değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda, 2017–2025 yılları arasında gözlemi ve bakımı yapılan, aynı zamanda çalışma materyali olarak kabul edilen peyzaj tasarımında kullanılan bitkiler için iki aşamalı bir yöntem benimsenmiştir.



Şekil 1. Peyzaj alanından bir görünüm

Bu çalışma, konuya ilişkin literatür taraması ile başlamış, ardından arazi çalışmaları ile devam etmiştir. Araştırma kapsamında, Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü sınırları içerisinde yer alan, yenilebilir meyve özelliğine sahip odunsu bitki türleri; Davis (1965-1988), Akkemik (2014a) ve Akkemik (2014b) tarafından yapılan çalışmalar ışığında, sertifika bilgileri dikkate alınarak yerinde karşılaştırma ve tespiti yapılan taksonlara ait fotoğraflar çekilmiş bitkilerin doğruluğu kayıt altına alınmıştır.

İkinci aşama olarak araştırma sahasında belirlenen bitkilerin familyaları, yenilebilir aksamaları, yaşam formları, yaprak renkleri, yaprağın sonbahar renklenmesine sahip olup olmadığı, çiçek renkleri ve olgun meyve renkleri belirlenmiştir. Bu veriler doğrultusunda, söz konusu bitkilerin üniversite kampüs alanındaki kullanımları değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, bitkilerin peyzaj tasarımı açısından sunduğu estetik ve işlevsel katkılar ile kampüs biyolojik çeşitliliğine olan etkileri çerçevesinde yorumlanmıştır.

BULGULAR

Iğdır üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nde belirlenen ve yenilebilir özellik gösteren bazı taksonlara ait (Şekil 2) bitki kartları oluşturulmuştur.

Bu çalışma kapsamında, Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nde kullanımda olduğu belirlenen yenilebilir bitki taksonları tespit edilmiştir. Söz konusu taksonlara ait familya adları, bilimsel adları, yenilebilir

kısımları, yaşam formları, yaprak renkleri, çiçek renkleri, olgun meyve renkleri ve ayrıca bu bitkilerin kampüs içerisindeki kullanım amaçları da değerlendirilerek, peyzaj düzenlemesinde ya da farklı işlevlerde nasıl yer aldıkları ortaya konulmuştur (Çizelge 1). Çizelge familyaların baş harflerine göre oluşturulmuştur.



Pyracantha coccinea M. Roem.



Prunus cerasifera Ehrh.



Viburnum opulus L.



Malus floribunda siebold ex. Van Houtte



Eleagnus angustifolia L.



Forsythia intermedia Zabel.



Chaenomeles speciosa (Sweet) Nakai



Lavandula angustifolia Mill.



Prunus subhirtella Lindl. 'Pendula'



Tilia tomentosa Moench.



Morus alba L.



Crataegus laevigata cv Paul's Scarlet



Prunus serrulata Lindl. 'Kanzan'



Prunus cerasifera Ehrh. 'Pissardi Nigra'

Şekil 2. Yenilebilir bazı bitki taksonlarından görüntüler

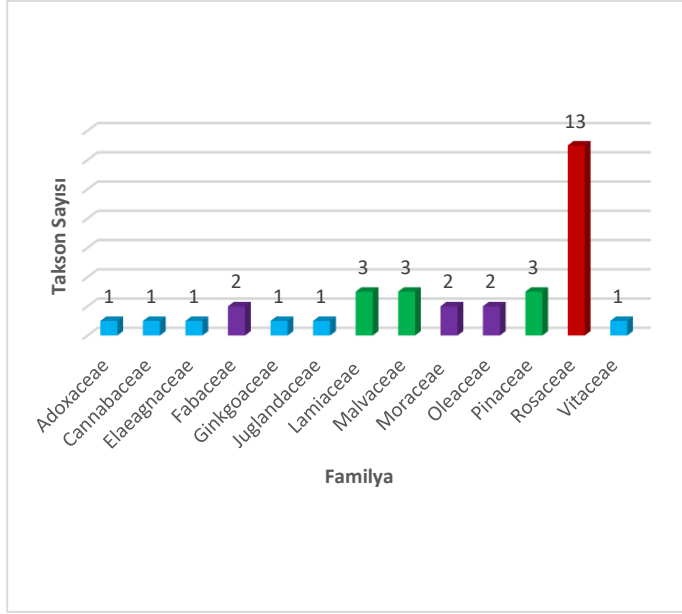
Çizelge 1. Araştırma alanında belirlenen bitki taksonlarının özellikleri (Kılıç ve ark. 2016, Güneş 2019, Aslan 2020, Dikmen ve Yılmaz 2021, Ekren ve Çorbacı 2021, Çorbacı ve Ekren 2022, Güneroğlu ve Pektaş 2022, Ak ve Güneş 2023, Sarı ve Öztürk 2023, Akdeniz ve Yener 2024, URL-1, Tik ve Kaya 2025a)

Familiyası	Bilimsel adı	Yaşam formu	Kullanılan kısmı	Yaprak rengi	Çiçek rengi	Olgun meyve rengi	Kampüste kullanım amacı
Adoxaceae	<i>Viburnum opulus</i> L.	Doğal	Meyve	Yeşil-Kırmızı*	Beyaz	Kırmızı	Grup, Sınır
Cannabaceae	<i>Celtis australis</i> L.	Doğal	Meyve	Yeşil	Yeşilimsi sarı	Siyah	Soliter
Elaeagnaceae	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Doğal	Meyve	Sarı-Yeşil	Beyaz	Kırmızı	Soliter
	<i>Cercis siliquastrum</i> L.	Doğal	Çiçek	Yeşil-Sarı*	Koyu Pembe	Kahverengi	Alle
Fabaceae	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Yarı Doğal/ Doğallaşmış	Çiçek	Yeşil-Sarı*	Beyaz	Kahverengi	Alle
Ginkgoaceae	<i>Ginkgo biloba</i> L.	Egzotik	Meyve	Yeşil-Sarı*	Yeşil	Sarı	Alle
Juglandaceae	<i>Juglans regia</i> L.	Doğal	Meyve	Yeşil-Sarımsı Turuncu*	Yeşil	Yeşil	Grup
	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	Doğal	Çiçek	Yeşilimsi gri	Mor	Kahverengi	Grup
Lamiaceae	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Doğal	Yaprak- Meyve	Yeşil	Mor	Kahverengi	Grup
	<i>Thymus vulgaris</i> L.	Doğal	Yaprak	Yeşil	Beyaz- Pembe	Kahverengi	Grup
	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop	Doğal	Çiçek	Yeşil-Sarı*	Sarı	Sarımsı Kahverengi	Alle
Malvaceae	<i>Tilia tomentosa</i> Moench.	Doğal	Yaprak-Çiçek	Yeşil-Gri-Sarı*	Sarı	Krem	Alle
	<i>Hibiscus syriacus</i> L.	Egzotik	Çiçek	Yeşil-Sarı*	Pembe	Kahverengi	Alle
Moraceae	<i>Ficus carica</i> L.	Doğal	Meyve	Yeşil-Sarı*	Yeşil	Mor	Grup
	<i>Morus alba</i> L.	Egzotik	Meyve	Yeşil-Sarı*	Sarımsı yeşil	Beyaz	Soliter
Oleaceae	<i>Forsythia intermedia</i> Zabel.	Egzotik	Çiçek	Yeşil-Sarımsı Turuncu*	Sarı	Kahverengi	Grup
	<i>Syringa vulgaris</i> L.	Egzotik	Çiçek	Yeşil-Sarımsı Turuncu*	Mor	Kahverengi	Soliter
	<i>Pinus brutia</i> Ten.	Doğal	Toprakaltı Kısım	Yeşil	Sarımsı Kahverengi	Kahverengi	Grup
Pinaceae	<i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold	Doğal	Özsuyu	Yeşil	Kırmızımsı kahverengi	Kahverengi	Alle, Grup
	<i>Pinus nigra</i> 'Pyramidalis'	Doğal	Özsuyu	Yeşil	Kırmızımsı kahverengi	Kahverengi	Soliter
Rosaceae	<i>Chaenomeles speciosa</i> (Sweet) Nakai	Egzotik	Meyve	Yeşil-Sarımsı Turuncu*	Pembe	Sarı	Sınır
	<i>Crataegus laevigata</i> cv Paul's Scarlet	Egzotik	Meyve	Yeşil-Sarımsı Turuncu*	Pembe	Kırmızı	Soliter
	<i>Malus floribunda</i> siebold ex. Van Houtte	Egzotik	Meyve	Yeşil-Sarımsı Turuncu*	Pembe	Kırmızı	Alle
	<i>Malus domestica</i> Borkh.	Egzotik	Meyve	Yeşil	Pembe	Beyaz	Soliter
	<i>Prunus amygdalus</i> Batsch	Egzotik	Meyve	Yeşil	Beyaz	Yeşil	Grup
	<i>Prunus armeniaca</i> L.	Doğal	Meyve	Yeşil	Beyaz	Turuncu	Soliter, Grup
	<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.	Egzotik	Meyve	Yeşil-Sarı*	Beyaz	Kırmızı	Grup, Alle
	<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. 'Pissardi Nigra'	Egzotik	Meyve	Koyu Kırmızı- Koyu Kırmızı*	Pembe	Kırmızı	Alle
	<i>Prunus cerasus</i> L.	Egzotik	Meyve	Yeşil	Beyaz	Kırmızı	Soliter
	<i>Prunus persica</i> L.	Egzotik	Meyve	Yeşil	Pembe	Kırmızı	Soliter
	<i>Prunus serrulata</i> Lindl. 'Kanzan'	Egzotik	Meyve	Yeşil-Turuncumsu Kırmızı*	Pembe	Kırmızı	Soliter
	<i>Prunus subhirtella</i> Lindl. 'Pendula'	Egzotik	Meyve	Yeşil- Sarı*	Beyaz	Kırmızı	Sınır
	<i>Pyracantha coccinea</i> M. Roem.	Doğal	Meyve	Yeşil	Beyaz	Kırmızı	Grup
Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i> L.	Doğal	Yaprak- Meyve	Yeşil	Sarı	Yeşil	Grup

Not: "Yaprak rengi" sütununda yer alan "*" işareti, bitkinin sonbahar dönemindeki yaprak renklenmesini ifade etmektedir. Bu işarettten önceki renk, söz konusu bitkinin yapraklarının sonbahardaki rengini göstermektedir. Bu çizelgede sunulan bilgiler yalnızca akademik bilgilendirme amacı taşımaktadır. Yenilebilir bitkilerin doğru bir şekilde teşhisi, toplanması ve tüketimi uzmanlık gerektirir. Sunulan veriler, doğrudan bir kullanım veya tüketim tavsiyesi olarak değerlendirilmemelidir.

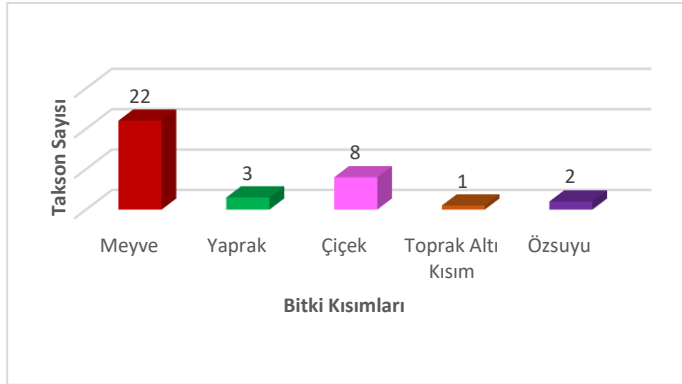
Çalışma alanında belirlenen bitki taksonları familyalarına göre değerlendirilmeye alındığında, yenilebilir özellik taşıyan en fazla taksonun *Rosaceae* (13 takson) familyasına ait olduğu belirlenmiştir.

Bu familyayı sırasıyla *Lamiaceae* (3 takson) ile *Malvaceae* (3 takson) ve *Pinaceae* (3 takson) familyaları takip etmektedir (Şekil 3).



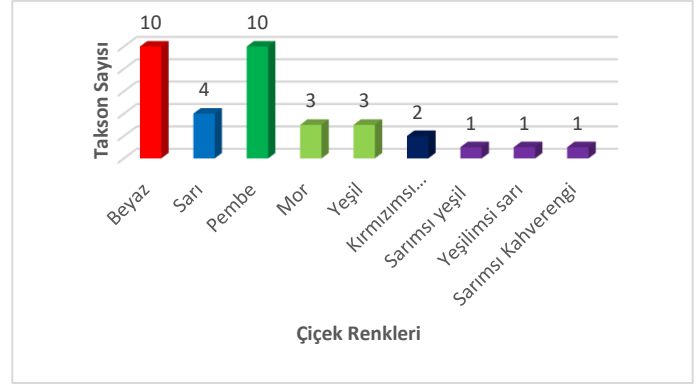
Şekil 3. Çalışma alanında yenilebilir özelliğe sahip bitki taksonu içeren familyalar

Çalışma kapsamında tespit edilen bitkilerin yenilebilir kısımlarına ilişkin değerlendirme yapıldığında 22'sinin meyvesi, 8'nin çiçeği, 3'ünün yaprağı, 2'sinin özsuğu ve 1'nin ise toprak altı kısmı yenilebilmektedir (Şekil 4).



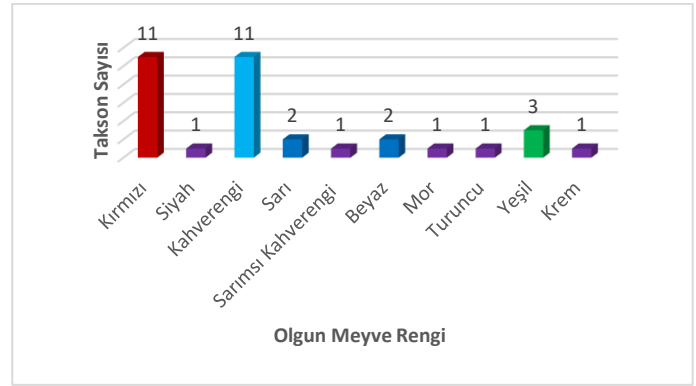
Şekil 4. Çalışma alanında tespit edilen bitkilerin yenilen kısımları

Çalışma alanında gözlemlenen bitkilerde en yaygın çiçek renkleri sırasıyla pembe (10 takson), beyaz (10 takson) ve sarı (4 takson) olarak belirlenmiştir (Şekil 5).



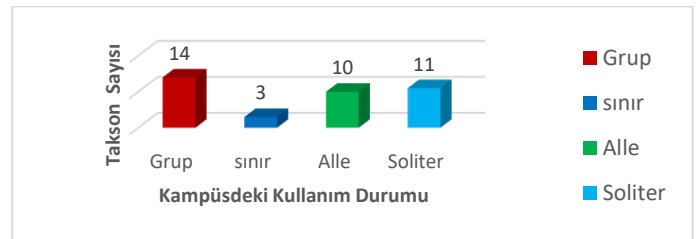
Şekil 5. Çalışma alanında tespit edilen bitkilerin en fazla gözlemlenen çiçek renkleri

Çalışma alanında tespit edilen bitkilerde en yaygın olarak gözlemlenen olgun meyve renkleri sırasıyla kahverengi (11 takson), kırmızı (11 takson) ve yeşil (3 takson) olarak belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Çalışma alanında tespit edilen bitkilerin olgun meyve renkleri

Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nde bulunan yenilebilir kullanımı olan bitki taksonlarının kampüste kullanım durumu; 14 takson grup, 11 takson soliter, 10 takson alle ve 2 takson sınır bitkisi olarak belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Kampüs alanında bulunan yenilen taksonların kullanım durumları

TARTIŞMA

Çorbacı ve Ekren (2022), yaptıkları bir çalışmada yenilebilir özelliğe sahip toplam 65 bitki taksonu tespit etmişlerdir. Bu taksonlardan 27'si geniş yapraklı ağaç-ağaççık, 18'i geniş yapraklı çalı, 10'u yer örtücü, 6'sı ibrelili ağaç-ağaççık, 2'si sarılıcı-tırmanıcı, 1'i palmiye ve 1'inin sukkulent formda olduklarını tespit etmişlerdir. Bitkilerin yaşam formlarını değerlendirdiklerinde ise 33 taksonun doğal kökenli olduğu (doğal: 31, yarı doğal: 2), 32 taksonun ise egzotik kökenli olduğunu (egzotik: 25, egzotik kültür: 5, egzotik melez: 2) belirlemişlerdir. Buna göre, çalışma alanında yenilebilir özellik taşıyan bitki taksonlarının %51'i doğal, %49'unun ise egzotik kökenli olduğunu tespit etmişlerdir. Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nde ise yenilebilir özelliğe sahip 13 familyaya ait toplam 34 bitki taksonu tespit edilmiştir. Bu taksonlardan 21'i geniş yapraklı ağaç veya ağaççık, 9'u çalı, 3'ü iğne yapraklı ağaç veya ağaççık, 1'i ise yer örtücü formdadır. Bitkilerin yaşam formları değerlendirildiğinde, 18 taksonun doğal, 16 taksonun ise egzotik kökenli olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere göre, çalışma alanında tespit edilen yenilebilir bitki taksonlarının %53'ü (18 takson) doğal, %47'si (16 takson) ise egzotik taksonlardan oluşmaktadır.

Daha önce farklı şehirlerde gerçekleştirilen çalışmalar, kentsel açık ve yeşil alanlardaki yenilebilir bitki taksonlarının oranlarını ortaya koymuştur. Çorbacı ve Ekren (2022) tarafından Kahramanmaraş kent merkezinde yürütülen araştırmada, seçilen kentsel açık yeşil alanlarda yenilebilir bitki taksonlarının oranı %37.57 olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, Güneş (2019) tarafından Çanakkale kent merkezinde gerçekleştirilen araştırmada, yenilebilir bitkilerin toplam bitki varlığına oranı %32.12 olarak tespit edilmiştir. Erzurum'da yapılan bir diğer çalışmada ise, kentsel açık ve yeşil alanlarda bulunan meyvesi yenilebilir ağaçların, toplam ağaç varlığı içerisindeki oranı %34.44 olarak bildirilmiştir (Dikmen ve Yılmaz 2021). Tik ve Kaya (2025b) tarafından Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nde yapılan çalışmada ise toplam 82 bitki taksonu belirlenmiş; bu çalışma ile birlikte yenilebilir bitki taksonlarının kampüs genelindeki toplam bitki taksonlarına oranı %35.05 olarak hesaplanmıştır.

Türkiye'de yaklaşık 1200 kadar yenilebilir bitki taksonunun bulunduğu belirtilmekte olup, bu taksonların ait olduğu familyalar incelendiğinde, en fazla yenilebilir takson içeren ilk beş familya sırasıyla *Lamiaceae* (169 takson), *Asteraceae* (166 takson), *Apiaceae* (97 takson), *Rosaceae* (88 takson) ve *Fabaceae* (65 takson) olarak tespit edilmiştir (Güner ve Ekim 2014). Çorbacı ve Ekren (2022) tarafından yürütülen çalışmada ise bitki taksonları familya düzeyinde değerlendirilmiş ve *Rosaceae* (11 takson) familyasının yenilebilir özellikte en fazla takson içeren familya olduğu sonucuna varılmıştır. Söz konusu çalışmada *Rosaceae* familyasını *Lamiaceae* (5 takson) ile *Berberidaceae* ve *Pinaceae* (4'er takson) familyaları izlemiştir. Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nde yapılan bu çalışmada da benzer bir dağılım gözlemlenmiş; kampüs alanında belirlenen yenilebilir bitki taksonları familyalarına göre değerlendirildiğinde, en fazla sayıda taksonun *Rosaceae* familyasına (13 takson) ait olduğu belirlenmiştir. Bu familyayı sırasıyla *Lamiaceae* (3 takson), *Malvaceae* (3 takson) ve *Pinaceae* (3 takson) familyaları takip etmektedir.

Çalışma alanında yer alan bitkilerin yaprak renkleri incelendiğinde, 32 taksonun yeşil, 1 taksonun ise koyu kırmızı yaprak rengine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere göre, alanda yaprak rengi açısından baskın rengin yeşil olduğu belirlenmiştir. Doğal çevrede en sık karşılaşılan renklerden biri olan yeşil; huzur verici, sakinleştirici ve dengeleyici etkileriyle bilinmektedir. Bu özellikleri sayesinde yeşil rengin, özellikle zihinsel ya da fiziksel yorgunluk yaşayan bireyler üzerinde rahatlatıcı bir etkisi olduğu ifade edilmektedir (Sharma ve Sharma 2007). Ayrıca, yeşilin insanlar üzerinde şefkat, umut, dostluk, güven ve barış gibi olumlu duyguların gelişimine katkı sunduğu da çeşitli çalışmalarda vurgulanmaktadır. Öte yandan, yeşilin çok koyu tonlarının bazı bireylerde iç karartıcı bir izlenim yaratabileceği ve enerji düşüklüğüne neden olabileceği de belirtilmektedir (Andrews 2004, Sharma ve Sharma 2007, Çorbacı ve Ekren 2022).

Çalışma alanında yer alan toplam 34 bitki türünden 19'unun sonbahar döneminde yaprak renklenmesi gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bitkilerden 10'u sarı, 6'sı sarımsı turuncu, 1'i kırmızı, 1'i turuncumsu kırmızı ve 1'i koyu kırmızı renkte sonbahar renklenmesi

sergilemektedir. Bu veriler doğrultusunda, çalışma alanındaki bitkiler arasında sonbahar renklenmesinde en baskın rengin sarı olduğu belirlenmiştir. Ana renklerden biri olan sarı, literatürde güneş ışığını, gençliği, memnuniyeti ve sevinci temsil eden bir renk olarak tanımlanmakta; zihinsel faaliyetleri uyarıcı etkisiyle bireylerde yaşama sevinci ve güç hissi uyandırabildiği belirtilmektedir. Sarı rengin bireyde iyimserlik ve özgüven duygularını artırdığı ifade edilmekle birlikte, bu rengin aşırı parlaklıkta ya da yoğun kullanımında sinir sistemini fazla uyararak zihinsel rahatsızlıklara yol açabileceği de vurgulanmaktadır (Andrews 2004, Sharma ve Sharma 2007, Çorbacı ve Ekren 2022).

Çalışma alanında gözlemlenen çiçek renkleri incelendiğinde, en yaygın olarak beyaz (10 takson), pembe (10 takson) ve sarı (4 takson) renklerin öne çıktığı belirlenmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, çiçek renkleri açısından en baskın renklerin beyaz ve pembe olduğu söylenebilir. Beyaz renk, literatürde saflığın, kusursuzluğun ve uyumun simgesi olarak tanımlanmakta; aynı zamanda kıskançlık, nefret, şiddet gibi olumsuz duygu ve düşüncelerin bastırılmasında olumlu etkiler gösterebildiği ifade edilmektedir. Ayrıca beyaz, birlikte kullanıldığı diğer renklerin etkisini artırıcı bir role sahiptir ve enerji dengesini sağlama açısından önem taşır. Çalışma alanında beyaz ile birlikte en çok rastlanan bir diğer renk olan pembe ise, genellikle şefkat, sevgi, nezaket ve duygusal hassasiyetle ilişkilendirilmekte olup, bireylerde iç huzur ve sakinlik hissi uyandırdığı bildirilmektedir. Aynı zamanda pembe, duygusal gerilimlerin azaltılmasında ve ruhsal rahatlamanın desteklenmesinde etkili bir renk olarak değerlendirilmektedir (Andrews 2004, Sharma ve Sharma 2007, Çorbacı ve Ekren 2022).

Çalışma alanında gözlemlenen olgun meyve renkleri incelendiğinde, en sık rastlanan renklerin kahverengi (11 takson), kırmızı (11 takson) ve yeşil (3 takson) olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda olgunlaşan meyve, renkleri bakımından en baskın renklerin kahverengi ve kırmızı olduğu söylenebilir. Kahverengi, doğada özellikle toprakla özdeşleştirilen ve bu yönüyle verimlilik, istikrar ve güven duygularını temsil eden bir renktir. Literatürde bu rengin, bireylerin zihinsel ve duygusal dengeye ulaşmalarına katkı sağladığı ifade

edilmektedir. Ancak koyu ve yoğun tonlarda aşırı kullanımı, canlılığı azaltarak yaşam enerjisi üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Kahverengi ile birlikte yüksek oranda gözlemlenen bir diğer renk olan kırmızı ise, dikkat çekici ve uyarıcı niteliğiyle öne çıkmaktadır. Kırmızı, genellikle tutku, enerji, hareket ve canlılık ile ilişkilendirilmekte; aynı zamanda fiziksel gücü ve hayatta kalma içgüdüsünü temsil etmektedir. Bununla birlikte, aşırı uyarıcı bir renk olması nedeniyle bazı durumlarda kaygı, öfke ve gerginlik gibi duyguları da tetikleyebileceği belirtilmektedir (Andrews 2004, Sharma ve Sharma 2007, Çorbacı ve Ekren 2022).

Yenilebilir bitkiler, yalnızca besin değeri açısından değil, aynı zamanda sahip oldukları estetik özellikler nedeniyle de peyzaj tasarımlarında önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle çiçeklenme dönemlerinde sergiledikleri görsel zenginlik sayesinde bu tür bitkiler, hem soliter olarak hem de etkiyi artırmak amacıyla gruplar hâlinde yoğun şekilde kullanılmaktadır (Yazıcı ve Ünsal 2019). Güneroğlu ve Pektaş (2022), yaptığı bir çalışmada da bu durum vurgulanmakta ve literatürle örtüşen sonuçlara ulaşılmaktadır. Söz konusu çalışmada, *Punica granatum*, *Malus floribunda* ve *Prunus cerasifera* 'Atropurpurea' taksonlarının, özellikle ilkbahar dönemindeki renklenmeleri sayesinde soliter olarak kampüsün yoğun kullanım alanlarında yer aldığı tespit edilmiştir. Öte yandan, *Laurocerasus officinalis* ve *Ceratonia siliqua* türlerinin, kampüsün sınır bölgelerinde sınır elemanı olarak yoğun biçimde kullanıldığı; bunun yanı sıra kampüsün çeşitli alanlarında da soliter bireyler şeklinde yer aldığı belirlenmiştir. Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nde yürütülen bu çalışmada ise, toplam 14 bitki taksonunun estetik özellikleri nedeniyle gruplar hâlinde kullanıldığı saptanmıştır. Bu bulgular, yenilebilir bitkilerin peyzaj düzenlemelerinde yalnızca işlevsel değil, aynı zamanda görsel değer taşıyan önemli tasarım elemanları olduğunu göstermektedir.

Üniversite kampüsleri, yalnızca eğitim-öğretim faaliyetlerinin yürütüldüğü alanlar olmanın ötesinde, kent dokusunun ayrılmaz bir parçası olarak öğrencilerin, akademik ve idari personelin günlük yaşamlarının önemli bir bölümünü geçirdikleri mekânlardır. Bu bağlamda, kampüslerde yer alan yeşil alanlar, bireylerin hem fiziksel

hem de psikososyal sağlığı üzerinde olumlu etkiler oluşturmakta; sosyal etkileşim, dinlenme ve doğayla bütünleşme olanakları sunmaktadır (Akça ve Gülgün Aslan 2019). Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nde yürütülen bu çalışmada, kampüs alanının geniş ve nitelikli bir yeşil dokuya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu yeşil alanlar, yalnızca görsel kalite sağlamamakta; aynı zamanda öğrenciler, çalışanlar ve lojman sakinleri için sosyal etkinliklere imkân tanıyan işlevsel alanlar olarak da değerlendirilmektedir. Kampüs peyzajında yer alan yenilebilir bitki türlerinin, sahip oldukları meyve, çiçek ve yaprak özellikleri dikkate alınarak farklı bitkisel kompozisyonlarda kullanıldığı belirlenmiştir. Bu kullanım biçimi, hem estetik çeşitlilik sunmakta hem de kullanıcıların doğayla etkileşimini destekleyerek ruhsal ve fiziksel iyilik hâline katkı sağlamaktadır.

Estetik değerleri ve yenilebilir nitelikleriyle öne çıkan doğal bitki türlerinin peyzaj tasarımlarında kullanımının artırılması, literatürde sıklıkla vurgulanan bir yaklaşımdır (Deniz ve Şirin 2005). Bu çalışmada, doğal kökenli 18 bitki taksonunun yanı sıra, 16 egzotik kökenli bitki taksonunun da bulunduğu tespit edilmiştir. Egzotik bitkiler, çoğu zaman bulunduğu çevreyle tam uyum sağlayamamakta ve kent ekosistemleri üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Ayrıca bu türlerin bakım gereksinimlerinin fazla olması ve maliyetlerinin yüksekliği, peyzaj tasarımlarında tercih edilmelerini sorgulatmaktadır (Kaya Şahin ve ark. 2020). Bu yönüyle çalışma bulguları, mevcut literatürle benzerlik göstermektedir. Çalışma alanında egzotik bitkilerin doğal bitki taksonlarına yakın sayıda bulunmasının temel nedenleri arasında, alanın doğal bitki çeşitliliğinin sınırlı olması ve peyzaj projesi kapsamında şehir dışından temin edilen bitkilerin tercih edilmesi yer almaktadır. Bu durum, yerel flora unsurlarının yeterince değerlendirilemediğini ve peyzaj planlamasında doğal türlere öncelik verilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Çocukların doğayla etkileşim kurları, doğal süreçleri gözlemleyebilmeleri ve çevre bilinci geliştirebilmeleri açısından yenilebilir bitkilerin okul bahçeleri ve çocuk oyun alanlarında kullanımı giderek önem kazanmaktadır (Özgüç Erdönmez 2007). Bu bitkiler, çocuklara doğayı

tanıma ve üretim süreçlerine katılma fırsatı sunarken, oyun alanlarına da hem estetik hem eğitsel bir değer katmaktadır. Ancak, özellikle meyve ağaçları gibi tırmanmaya elverişli türlerin kullanımı durumunda, çocukların ağaçlardan düşerek yaralanmalarını önlemek amacıyla gerekli güvenlik önlemlerinin alınması büyük önem taşımaktadır (Aslan 2020). Bu nedenle, yenilebilir bitkilerin çocuklara yönelik açık alanlarda kullanımında hem eğitici hem de koruyucu bir yaklaşım benimsenmelidir. Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nde çocuk oyun alanları ve lojman bölgesinde *Prunus subhirtella* Lindl. 'Pendula', *Prunus serrulata* Lindl. 'Kanzan', *Prunus armeniaca* L., *Prunus amygdalus* Batsch, *Malus floribunda* siebold ex. Van Houtte gibi meyve veren taksonlar tercih edilmiştir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü'nde yer alan bitki taksonları incelenmiş; yenilebilir özelliğe sahip taksonların varlığı, dağılımı ve kullanım potansiyeli değerlendirilmiştir. Kampüs alanında toplam 34 bitki taksonu tespit edilmiş olup, daha önce Türkiye'nin farklı kentlerinde yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında, Iğdır Üniversitesi kampüsünün yenilebilir bitki çeşitliliği açısından kayda değer bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Yenilebilir bitkilerin familyalara göre dağılımında Rosaceae familyasının öne çıktığı, bunu Lamiaceae, Malvaceae ve Pinaceae familyalarının izlediği görülmüştür. Sonbahar renklemeleri açısından ise sarı rengin hâkim olduğu; çiçek renklerinde beyaz ve pembe tonlarının baskın olduğu; olgun meyve renklerinde ise kahverengi ve kırmızı renklerin eşit yoğunlukta gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu veriler, kampüs peyzajının estetik, ekolojik ve fonksiyonel açıdan zengin bir çeşitliliğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yenilebilir bitkilerin kampüs alanlarında kullanımı, yalnızca estetik açıdan değil, aynı zamanda sürdürülebilir peyzaj tasarımı, çevresel farkındalık ve gıda güvenliği gibi konular açısından da önemli katkılar sunmaktadır. Bu bağlamda aşağıdaki öneriler sunulabilir:

Kampüs içerisindeki yenilebilir bitki türleri hakkında öğrenci ve personelin bilgilendirilmesine yönelik eğitim

programları, seminerler ve tanıtım panoları hazırlanmalıdır. Üniversite kampüslerinde yer alan yeşil alanlar içerisinde yenilebilir bahçe anlayışıyla düzenlenmiş bazı alanların bulunduğu gözlemlenmektedir. Ancak, bu alanların peyzaj bakımından yeterince özen gösterilmeden bırakıldığı ve belirli bir amaç ya da temaya dayalı olarak tasarlanmadığı dikkati çekmektedir. Bu durum, söz konusu alanların kullanıcılar açısından ilgi çekiciliğini azaltmakta ve potansiyel işlevselliğini sınırlamaktadır. Atıl durumda kalan bu bölgelerin, uygun peyzaj düzenlemeleriyle yeniden işlevlendirilerek kampüsün aktif yeşil alanları içerisine entegre edilmesi, hem mekânsal verimliliği artıracak hem de kullanıcı deneyimini olumlu yönde etkileyecektir.

Yenilebilir bitkiler, peyzaj tasarımında fonksiyonel ve estetik unsurlar olarak daha fazla yer almalı; kampüsün yeşil alan planlamasında sürdürülebilirlik ilkesine uygun olarak kullanılmalıdır.

Yenilebilir bitki türlerinin sergilendiği ve tanıtıldığı tematik bir botanik bahçesi oluşturularak hem bilimsel araştırmalara hem de halkın bilgilendirilmesine katkı sağlanabilir.

Yenilebilir bitkilerin tıbbi, aromatik ve gıda amaçlı kullanım potansiyelini araştırmaya yönelik çok disiplinli akademik çalışmalar desteklenmelidir.

Kampüste yer alan yenilebilir bitkilerin iklim ve toprak koşullarına uygunluğu değerlendirilerek, ileride dikimi yapılacak taksonlar için bilimsel temelli bir tür seçimi yapılmalıdır.

Sonuç olarak, Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü, mevcut doğal çeşitliliği ve bitkisel zenginliği ile yenilebilir bitkilerin kullanımına yönelik yüksek bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyelin sürdürülebilirlik, eğitim, çevre duyarlılığı ve gıda güvenliği bağlamında daha etkin kullanılması, üniversitenin ekolojik misyonuna da katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Ak T, Güneş Z (2023) Yenilebilir peyzajlar: meyvesi yenilebilen bitki türlerinin peyzaj mimarlığı uygulamalarında kullanma uygunluğu. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1):11-17. <https://doi.org/10.33202/comuagri.1196364>
- Akça ŞB, Gülgün Aslan B (2019) Kampüs yaşamında estetik ve fonksiyonel açıdan süs bitkilerinin yeri ve önemi; Çaycuma Kampüsü örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2):267-279. <https://doi.org/10.24011/barofd.526537>
- Akdeniz NS, Yener ŞD (2024) Kent parklarında kullanılan odunsu peyzaj bitkileri üzerine etnobotanik bir araştırma. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(1):203-220. <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1456033>
- Akkemik Ü (2014a) Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaçları ve Çalıkları. I. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 736 sy.
- Akkemik Ü (2014b) Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaçları ve Çalıkları. II. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 680 sy.
- Andrews T (2004) Renklerle Tedavi. Çev: Tuğrul Ökten, Arıtan Yayınevi, ISBN: 9789757582212.
- Aslan H (2020) Ankara kenti açık yeşil alanlarında kullanılan meyve türlerinin belirlenmesi ve peyzaj mimarlığında süs bitkisi olarak değerlendirilme olanakları. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(Özel Sayı):99-114.
- Bulut Z, Sezen I, Yılmaz H (2007) Erzurum Kenti Açık Yeşil Alan Sisteminde Meyve Ağaç ve Çalılarının Değerlendirilmesi. Türkiye V. Bahçe Bitkileri Kongresi, 04-07 Eylül 2007, Erzurum, s: 271-275.
- Colinas J, Bush P, Manaugh K (2019) The socio-environmental impacts of public urban fruit trees: a Montreal case-study. *Urban Forestry & Urban Greening*, (45):126132. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.05.002>
- Çelik F (2017) The importance of edible landscape in the cities. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(2): 118-124. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i2.118-124.957>
- Çorbacı ÖL, Ekren E (2022) Kentsel açık yeşil alanlardaki yenilebilir bitkilerin değerlendirilmesi: Kahramanmaraş Kenti Örneği. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 7(4): 589-596. <https://doi.org/10.35229/jaes.1210580>
- Davis PH (1965–1988) Flora of Turkey and East Aegean Islands (I–XI Volumes). Edinburgh Üniversitesi Press, Edinburgh.
- Deniz B, Şirin U (2005) Samson dağı doğal bitki örtüsünün otsu karakterdeki bazı örneklerinden peyzaj mimarlığı uygulamalarında yararlanma olanaklarının irdelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2):5-12.
- Dikmen BA, Yılmaz H (2021) Erzurum kentsel açık yeşil alanlarında meyve ağaçlarının kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(3):262-272. <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.880508>
- Ekren E, Çorbacı ÖL (2021) Etnobotanik kullanım olanakları üzerine bir araştırma: Rize kentsel açık yeşil alanlar örneği. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(4):487-497. <https://doi.org/10.35229/jaes.945633>
- Ertuğ F (2014) Yenen Bitkiler. Şu eserde: Güner, A. ve Ekim, T. (edlr.). Resimli Türkiye Florası, Cilt:1, 1. Ali Nihat Gökyiğit Vakfı, Flora Araştırmaları Derneği ve Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul.
- Güneş Z (2019) Peyzaj alanlarında kullanılan yenilebilir süs bitkileri: Çanakkale Kent Merkezi örneği. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Güner A, Ekim T (2014) Resimli Türkiye Florası. Cilt 1. NGBB Yayınları Flora Dizisi 2, Flora Araştırmaları Derneği ve Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul.
- Güneroğlu N, Pektaş S (2022) Yenilebilir meyve özelliği olan odunsu bitki taksonlarının peyzaj mimarlığındaki önemi: KTÜ Kanuni Kampüsü örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 23(1):79-89. <https://doi.org/10.18182/tjf.1005955>

- Kaya Şahin E, Bekar M, Güneroğlu N (2020) Türk fındığı (*Corylus colurna* L.)'nın peyzaj mimarlığında kullanım olanakları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(1):91-99. <https://doi.org/10.24011/barofd.674206>
- Kılıç T, Kazaz S, Ergür EG, Gül A (2016) Meyve özellikli odunsu bitki türlerinin peyzaj amaçlı bitkisel tasarımda kullanılabilme olanakları. VI. Süs Bitkileri Kongresi, s: 358-369.
- Kurşun H (2014) Peyzaj mimarlığı çalışmalarında süs bitkisi olarak kullanılan meyve türleri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara.
- Larinde S, Oladele AT (2014) Edible fruit trees diversity in a peri-urban centre: implications for food security and urban greening. *Journal of Environment and Ecology*, 5(2):234-248. <http://dx.doi.org/10.5296/jee.v5i2.6847>
- Özgüç Erdönmez İM (2007) İlköğretim okulu bahçelerinde peyzaj tasarım normları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 57(1):107-122.
- Sharma R, Sharma MK (2007) Renklerle Terapi. Çev: Elçin Kafalı, Nokta Kitap Yayınları, ISBN: 9789944174381.
- Sarı D, Öztürk Z (2023) Etnobotanik kullanımı olan bazı doğal bitkilerin peyzaj değerleri: Maçka (Trabzon) örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 7(2):189-209. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1323370>
- URL-1<https://katalog.smsmarmaragroup.com>, Erişim Tarihi: 27.05.2025.
- Tik R, Kaya T (2025a) Peyzaj Tasarımında Kullanılan Bitkilerin Etnobotanik Kullanımları. İçinde: Üremiş İ (Ed) Tarımsal ekosistemlerde denge arayışı: peyzaj bitkilerinin etnobotanik değeri, toprak yönetimi ve yabancı ot stratejileri, Ankara, s:10-29.
- Tik R, Kaya T (2025b) Peyzaj Bitkilerinin polinatörler açısından değerlendirilmesi, Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 28(3):764-777. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1634240>
- Yalçınalp E, Demirci Ö (2018) Kent parklarında yenilebilir bitki talebine etki eden kullanıcı özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4): 666-675. <https://doi.org/10.30910/turkjans.471506>
- Yazıcı K, Ünsal T (2019) Kentsel yaşam kalitesi açısından süs bitkilerinin önemi; Tokat/Merkez-Yeşilirmak Örneği. *Ziraat Mühendisliği*, (367):66-76. <https://doi.org/10.33724/zm.570582>

Ahşap Üzerine Fraktal Yakma İçin Yüksek Voltaj Yakma Makinesi Geliştirilmesi ve Farklı Elektrolit Türleri ile Voltaj Seviyelerinin Etkisinin İncelenmesi

Development of a High Voltage Burning Machine for Fractal Burning on Wood and Investigation of the Effect of Different Electrolyte Types and Voltage Levels

Talha Barış SARI¹  Mehmet KARAMANOĞLU*² 

¹Kastamonu Üniversitesi, Tosya Meslek Yüksekokulu, Kastamonu

²Kastamonu Üniversitesi, Tosya Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü Mobilya ve Dekorasyon Programı, Kastamonu

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1697333

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Mehmet KARAMANOĞLU

e-mail:

mkaramanoglu@kastamonu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

11.05.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

11.08.2025

Kabul tarihi / Accepted

12.08.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Yüksek voltaj ahşap yakma makinesi

Ahşap yakma

Kayın kontrplak

Keywords:

High voltage wood burning machine

Wood burning

Beech plywood

Özet

Bu çalışma, ahşap yüzeylerde yüksek voltaj uygulanarak fraktal desen oluşturmak üzere bir ahşap yakma makinesi tasarlayıp üretmeyi ve farklı elektrolit solüsyonlar ve voltaj uygulamaları ile elde edilen desenleri değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla üretimi gerçekleştirilen yüksek voltaj ahşap yakma makinesi ile kayın kontrplak üzerinde 5 farklı solüsyon (klorlu su, kola, tuzlu su, çamaşır sodası ve kola + karbonat) ve 5 farklı voltajda (1200, 1400, 1600, 1800, 2000 volt (V)) yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem ile yüksek voltaj ahşap yakma makinesinin, malzeme ve solüsyonların etkinliği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda kayın kontrplak ahşap kompozit malzeme üzerinde en etkili yüksek voltaj ahşap yakma işleminin kola + karbonat karışımı solüsyonunda ve 1200-2000 V aralığındaki tüm voltaj düzeylerinde, en etkisiz yakma işleminin ise klorlu su ve kola solüsyonlarında hiçbir yanma işleminin gerçekleşmemesi ile belirlenmiştir.

Abstract

This study aims to design and manufacture a wood burning machine to create fractal patterns by applying high voltage on wood surfaces and to evaluate the patterns obtained with different electrolyte solutions and voltage applications. For this purpose, 5 different solutions (chlorinated water, cola, salt water, washing soda and cola + carbonate) and 5 different voltages (1200, 1400, 1600, 1800, 2000 volt (V)) were burned on beech plywood with the high voltage wood burning machine. As a result of the study, it was determined that the most effective high voltage wood burning process on beech plywood wood composite material was determined by the fact that no combustion process occurred in the cola + carbonate mixture solution at all voltage levels in the 1200-2000 V range. No combustion occurred in chlorinated water and cola solutions, which determined the most ineffective burning process.

GİRİŞ

Ahşap yakma (pirografi) antik çağlara kadar uzanan en eski dekoratif sanatlar arasındadır (URL-1). Ahşap yakma akkor halindeki telle ahşap üzerine, çeşitli tekniklerle şekiller çizmeye, ahşaba yanık hissi verebilmek için çeşitli aletlerle yüzeyi yakmak suretiyle yapılan dekoratif çalışmalardır. Pirografi, ateşle yazı yazma ve şekil yapma sanatıdır (Keskin ve Asarcıklı 2005, Kaya 2014, Kalaycı 2014, Karamanoğlu 2022).

Ahşap yakma geleneksel olarak binlerce yıldır Mısır, Afrika ve Avrupa kültürlerinde görülmüştür. Genellikle ısıtılmış metal aletler veya köz kullanarak ahşap üzerine tasarımlar oluşturulmuştur. Dünya'da 17. ve 19. yüzyıllarda, özel pirografi aletleri (ütü, tel kalem, büyüteç vb.) popüler hale

gelmiş ve ahşap yüzeyler üzerinde karmaşık yakma resimler oluşturmasına olanak sağlamıştır. Günümüzde ahşap yakma uygulayıcıları ince detaylar elde etmek için modern elektrikli pirografi kalem setlerini kullanmakta olup pürmüzle yakma, Japon Shou Sugi Ban ve lazerle yakma gibi ahşap yakmada farklı tekniklerde kullanılmaktadır (URL-1, URL-2, Karamanoğlu 2022). Ahşap yakma teknikleri, farklı estetik, işlevsel ve güvenlik özellikleri sunarak kullanıcıların amacına ve uygulama koşullarına göre çeşitlilik gösterir. Geleneksel el ile yakma (pirografi), kişisel dokunuşlarla yüksek estetik değer sağlar. Ancak uygulama süresi uzundur ve belirli düzeyde el becerisi gerektirmektedir. Buna karşın güvenlik riski nispeten düşüktür. Pürmüzle yüzey yakma tekniği ise daha hızlı uygulanabilir ve yüzeye rustik bir görünüm kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır. Ancak yüzeyde

istenmeyen yanmalar, kontrolsüz renk geçişleri ve duman salınımı gibi olumsuzluklara yol açabilir. Japon kökenli Shou Sugi Ban yöntemi, yüzeyin karbonlaştırılarak dış etkilere karşı dayanıklı hale getirilmesini amaçlar ve özellikle geleneksel mimaride estetik ve işlevsel bir unsur olarak öne çıkar. Bu yöntemde yüksek sıcaklık kullanımı nedeniyle yangın güvenliği ve uygulama kontrollü yapılmalıdır. Lazerle yakma ise bilgisayar destekli sistemlerle çalışan, yüksek hassasiyet ve tekrarlanabilirlik sağlayan modern bir yöntemdir. Hem kişisel tasarımlar hem de seri üretim için uygundur. İşlem sırasında temassız uygulama ve lokal ısı etkisi sayesinde güvenli kabul edilir.

Günümüzde yukarıda açıklanan geleneksel ahşap yakma tekniği ve dekoratif/koruma amaçlı uygulanan pürmüz ile yakma, Japon Shou Sugi Ban ve çağdaş ve yenilikçi bir yaklaşım olan lazerle yakma (lazer kazıma/markalama) tekniklerinin yanı sıra yüksek voltaj ile ahşap yakma (fraktal yakma veya Lichtenberg figürleri) uygulamaları yapılmaktadır. Literatürde fraktal yakma veya Lichtenberg figürleri olarak anılan yakma yönteminde yüksek elektrik gerilimi uygulanarak ahşap yüzey üzerinde kendiliğinden dallanan ve yanık desenler oluşturulmaktadır. İnce, damar şeklindeki veya eğrelti otu benzeri bu desenler 18. yüzyılda fizikçi Georg Lichtenberg'in tanımladığı elektrik boşalımı figürlerine benzetildiğinden Lichtenberg desenleri olarak adlandırılmaktadır. Yüksek voltajla ahşap yakma tekniği dünya genelinde son yıllarda özellikle çevrimiçi video platformlarında yayılan "kendin yap" içerikler sayesinde popülerlik kazanmıştır. Bu teknikte, ahşap yüzey önce iletken bir elektrolit solüsyon ile ıslatılmakta, elektrik akımının ahşap boyunca iletilmesi sağlanmaktadır. Ardından uçları arasında yüksek voltaj farkı bulunan elektrotlar ahşaba dokundurularak eğrelti otu benzeri dallı yanık desenleri oluşturulmaktadır. Bu işlem esnasında ahşap yalıtkan olmaktan çıkmakta ve yüksek gerilim altında oluşan dielektrik kırılma, malzeme içerisinde iletken kanallar açılmasına neden olmakta olup fraktal dallanma desenleri oluşmaktadır (Russo ve ark. 2021, Byard ve Langlois 2025, URL-3).

Fraktal yakma çok yüksek düzeylerde voltaj kullanımından dolayı uygulaması tehlikeli bir tekniktir. Gerekli güvenlik önlemleri ve koruyucular kullanılmadığında ciddi yaralanmalara ve hatta ölüme sebep olabilmektedir. Yüksek voltaj ile yakmada yüksek volt aralıklarında yüzeyde desen oluşuncaya kadar ağaç malzeme veya ahşap esaslı ürünler yüzeyine farklı solüsyonlar sürerek yakma işlemi gerçekleştirilmektedir. Fakat yapılan uygulamalar incelendiğinde malzeme, voltaj ve solüsyon özelliklerine çok dikkat edilmediği görülmektedir. Bu veriler doğrultusunda, yüksek voltaj ile ahşap yakma makinesinin kullanımına ve uygulamalarına yönelik araştırma yapılması ve bilimsel verilerin ortaya konması gerekli görülmüştür.

Çalışma kapsamında yüksek voltaj ahşap yakma makinesi tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiş olup ahşap esaslı malzeme olan kayın kontrplak üzerinde 5 farklı solüsyon (klorlu su, kola, tuzlu su, çamaşır sodası ve kola+ karbonat) ve 5 farklı voltajda (1200, 1400, 1600, 1800, 2000) makine ve solüsyonların etkinliği belirlenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışma kapsamında deneylerde kayın kontrplak kullanılmıştır. Üre formaldehit tutkal ile üretilmiş kontrplak malzeme piyasadan hazır olarak temin edilmiş olup deneyler için 5 cm (genişlik) X 30 cm (boy) X 1,8 cm (kalınlık) ölçülerinde kesilmiştir. Toplamda 125 adet (5 tekrerrür) numune hazırlanmıştır.

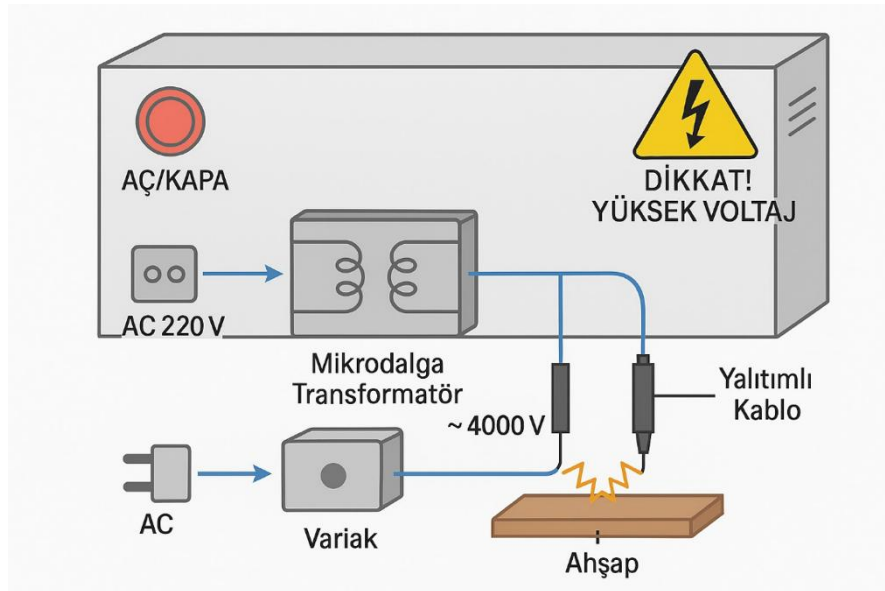
İletken Solüsyon: Deney materyali yüzeyinde elektriksel iletkenlik oluşturmak amacı ile iletken solüsyon olarak klorlu su (musluk suyu), kola (hazır), tuzlu su (%25), çamaşır sodası (%25) ve kola + karbonat (%75 kola, %25 karbonat) karışımı sıvılar kullanılmış olup piyasadan hazır olarak temin edilmiş, deneylerden hemen önce hazırlanmış ve yüzeye emici bir bez yardımıyla uygulanmıştır. Çalışma deneme deseni Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışma deneme deseni

Ahşap Yakma Türü	Ağaç malzeme ve türevleri	Solüsyonlar	Voltaj
Yüksek Voltaj	Kayın Kontrplak	Klorlu su	1200
		Kola	1400
		Tuzlu Su	1600
		Çamaşır Sodası	1800
		Kola + Karbonat	2000

Yüksek Voltaj Ahşap Yakma Makinesi Tasarım ve Üretimi: Makine üzerinde bulduracağı elemanlara yönelik kapalı bir sistem olarak tasarlanmıştır. Makinede yüksek gerilim elde etmek amacıyla mikrodalga transformatörü kullanılmıştır. Bu transformatör diğer transformatörler gibi primer ve sekonder sargıdan oluşur. Sekonder sargısı iki adettir. Primer sargıya 220 V gerilim uygulanır. Genelde sekonder sargının birisinden yaklaşık 4000 V diğerinden 3.3 V elde edilir. Fakat çalışma kapsamında bu transformatörün primer sargılarına varyak kullanılarak değişken alternatif gerilim uygulanmıştır. Böylece çalışma

kapsamında uygulanmak istenen voltajlar elde edilebilmiştir. Aynı zamanda tasarlanıp üretilen makine için transformatörün uzun süre çalıştığında ısınmasına ve bundan dolayı oluşabilecek verim kaybını engellemek amacıyla bir soğutucu fan kullanılmış ve daha uzun süre kullanımı sağlanmıştır (Şekil 1). Gerekli iş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alabilmek için makine kapalı kasa olarak tasarlanmış olup gerekli yalıtım malzemeleri göz önünde bulundurulmuştur. Aynı zamanda uygulama esnasında güvenlik önlemleri alınmış ve yalıtım sağlayacak koruyucu ekipman kullanılmıştır.



Şekil 1. Yüksek voltaj ahşap yakma makinesi tasarım şeması

Yöntem

Yüksek Voltaj ile Yakma Tekniği Uygulaması: Bu yöntemde örnek yüzeyleri 5 farklı voltajda (1200, 1400, 1600, 1800, 2000) yüzeylere sürülen solüsyonlar yardımı ile yüksek voltaj ahşap yakma makinesi ile yakılmıştır. İletim solüsyonu olarak klorlu su, kola, tuzlu su, çamaşır sodası ve kola+karbonat karışımı sıvılar kullanılmıştır. Uygulamalarda sıvının türü, sıvının yüzeye sürülme şekli, bekleme süresi, yüzeye uygulanan voltaja ve malzemenin

tekstür yapısına göre yüzey desenleri oluşmuştur. Uygulamada yalıtımlı bağlantı kabloları, kaçak akım rölesi, topraklama sistemi, yalıtkan eldiven ve gözlük kullanımı, deney ortamında yalnızca yetkin personelin bulunması gibi önlemler alınmıştır.

Deneylede öncelikle numuneler yalıtkan bir zemine yerleştirilmiş, çıkış elektrotlarını tutturmak için birbirine zıt duracak şekilde yüzeye çiviler çakılmıştır. Çiviler her numunede aynı noktada ve mesafede (30 cm) olacak şekilde çakılmıştır. Elektrotlar çivilere tutturulmuştur. Ardından deney örnekleri yüzeyi iletken solüsyonlarla eşit dağılımlı (m²'ye 120 gr) bir şekilde ıslatılmıştır. Solüsyonlar emici bir bez yardımıyla yüzeye sürülmüş ve 3 dakika beklenerek deney örneği yüzeyine nüfuz etmesi sağlanmıştır. Bu işlemler tüm numuneler için tekrar edilmiştir. Ardından yüzey tekrar ıslatılarak gerilim uygulaması yapılmıştır. Gerilim uygulamaları varyak ile değişken hale getirilmiş ve her solüsyon için 5 farklı voltaj uygulaması yapılmıştır. Gerilimin uygulanması ile birlikte iletken solüsyon boyunca elektrik akımı geçişleri sağlanmış ve deney numunesi iç kısımları veya yüzeyinde akımın izlediği yolda desen oluşma, yanma, kıvılcım vb. oluşumlar meydana gelmiştir. Numuneler üzerinde Lichtenberg desenleri olarak adlandırılan eğrelti otuna benzer fraktal bir yapı oluşana dek akım verilmesine devam edilmiştir. Solüsyon ve voltaja göre desen oluşmadığında veya desen oluşumu tamamlandığında akım verilmesi durdurulmuştur. Deneylelerin tamamlanması ile numune yüzeyleri telli fırça ve zımpara yardımıyla temizlenmiş ve yakma etkinliği nitel olarak değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Klorlu Su ile Yakma

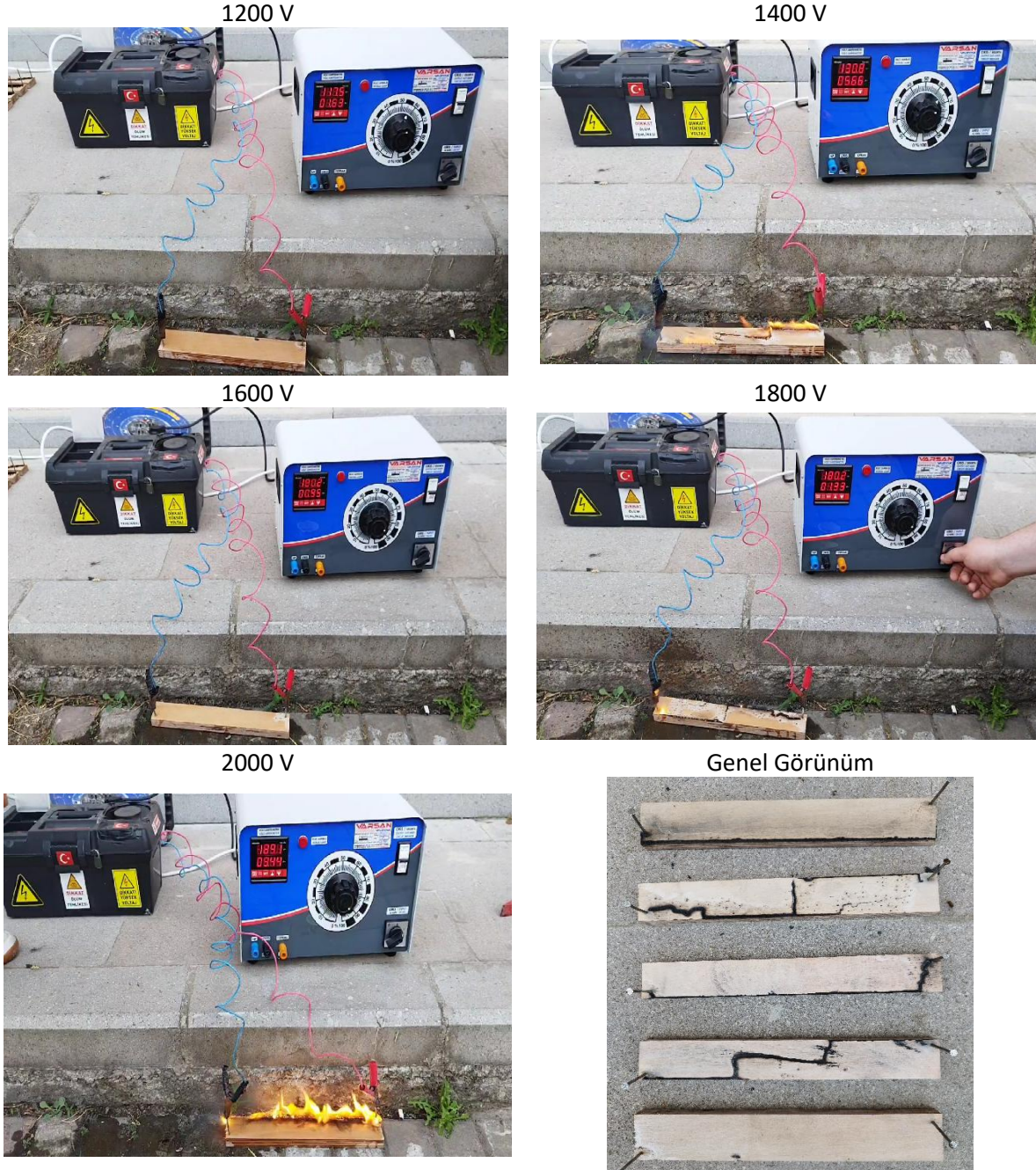
Klorlu su ile yapılan yakma işleminde tüm voltaj gruplarında ahşap kompozit yüzeyinde herhangi bir yanma veya karbonlaşma gözlemlenmemiştir. En yüksek gerilim 2000 V'ta bile bir kıvılcım, yanma veya desen oluşumu meydana gelmemiştir.

Kola ile Yakma

Kola ile yapılan yakma işleminde tüm voltaj gruplarında ahşap kompozit yüzeyinde herhangi bir yanma ve karbonlaşma meydana gelmemiştir.

Tuzlu Su ile Yakma

Tuzlu su uygulanmış örneklerde özellikle 1400 ve üzeri voltaj uygulamalarında yanma meydana gelmiştir. Ancak tuzlu su ile oluşan yanma izleri beklenen fraktal dallanma desenini oluşturamamıştır. Yapılan incelemelerde akımın çoğunlukla en kısa yolu takip ederek doğrusal veya çok az dallanmış yanık kanalı oluşturduğu görülmüştür. Tuzlu su ile yapılan yakma işlemleri ve yakma işlemi sonucu elde edilen genel görünümlere ait bulgular Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Tuzlu su ile yakmada elde edilen bulgular

Çamaşır Sodası ile Yakma

Çamaşır sodası (sodyum karbonat) solüsyonu ile yapılan uygulamalarda tüm voltaj gruplarında belirgin yanık desenleri olduğu görülmüştür. En düşük voltaj 1200 V'ta bile elektrotlar arası kıvılcımlar oluşmuş yanma meydana

gelmiştir. Voltaj arttıkça desenlerin yayılım alanlarında genişleme ve derinlikte artma olduğu belirlenmiştir. Çamaşır sodası ile yapılan yakma işlemleri ve yakma işlemi sonucu elde edilen genel görünlümlere ait bulgular Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Çamaşır sodası ile yakmada elde edilen bulgular

Kola + Karbonat Karışımı ile Yakma

Kola + Karbonat karışımı uygulanan örneklerde en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Tüm voltaj seviyelerinde yüzeyde anında yanma başlamış olup çok dallı, eğrelti yaprağı benzeri desenlerin oluştuğu tespit edilmiştir. Yanma kanallarının numune yüzeyi boyunca birbirine dallanarak

ilerlediği, voltaj seviyesi arttıkça desenlerin yoğunluğunun ve dallanma sayısının arttığı görülmüş olup neredeyse numune yüzeyinin tamamen fraktal desenle kaplandığı belirlenmiştir. Kola + Karbonat karışımı ile yapılan yakma işlemleri ve yakma işlemi sonucu elde edilen genel görünümlere ait bulgular Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Kola + Karbonat karışımı ile yakmada elde edilen bulgular

TARTIŞMA

Çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre; yüksek voltaj ile ahşap yakma tekniğinin verimliliğini etkileyen faktörlerin kullanılan malzeme, solüsyon tipi ve voltaj seviyesi olduğu tespit edilmiştir. Literatürde fraktal ahşap yakma tekniğinde desen oluşumunun, kullanılan iletken solüsyonun iyonik özellikleri ve ahşap yüzeyle etkileşimi sonucunda gerçekleşen karmaşık bir dielektrik bozunma sürecine dayandığı belirtilmektedir. Aynı zamanda kontrplağın normalde yalıtkan olup yaklaşık 3580 V

mertebesinde bir kırılma gerilimine sahip olduğu, yüzeyin elektrolit bir çözeltiyle nemlendirilmesi kırılma geriliminin 2000 V altına indirdiği bildirilmiştir (URL-4).

Tasarımı ve üretimi gerçekleştirilen yüksek voltaj ahşap yakma makinesi ile kayın kontrplak ahşap kompozit malzeme üzerinde en etkili yakma işleminin kola + karbonat karışımı solüsyonunda 1200-2000 V aralığındaki tüm voltaj düzeylerinde, en etkisiz yakma işleminin ise

klorlu su ve kola solüsyonlarında hiçbir yanma işleminin gerçekleşmemesi ile belirlenmiştir (Şekil 5).

Kola + karbonat karışımını sırası ile çamaşır sodası ve tuzlu suyun takip ettiği gözlemlenmiştir. Kola + karbonat karışımı ve çamaşır sodası ile yapılan yakmalarda dekoratif fraktal yüzeyler, tuzlu su ile dekoratif fraktal yapılardan ziyade karbonlaşmış düz hatlar elde edilmiştir.



Şekil 5. Yüksek voltaj ahşap yakma işlemi sonuçları

Çalışmada kontrplak yüzeyine sürülen farklı solüsyonlar ve farklı düzeydeki voltaj uygulamalarıyla birbirinden farklı sonuçlar elde edilmesinin en önemli nedeninin solüsyonların elektriksel iletkenlik farkı olduğu düşünülmektedir. Normal şartlarda ahşap yüzeyine sürülen ve nüfus eden iletken, sıvı akımın geçmesine olanak sağlamakta ve desen oluşturmaktadır. Fakat iletkenliğin malzeme yüzeyine yayılışı akımla meydana gelen yanma esnasındaki kimyasal etkilerde desen oluşumunu etkiliyor olabilir. Tuzlu su tamamen iyonlarına ayrılan bir elektrolittir ve bu nedenle çok yüksek iletkenlik göstermektedir. Bu doğrultuda tuzlu su ile yapılan denemelerde yüksek ve ani uygulanan akım devreyi en kısa yoldan tamamlayarak fraktal bir yapı oluşturmadan devrenin tamamlandığı hattı kömürleştirerek yaktığı düşünülmektedir. Denemelerde de gözlenen durum derin yanık kanalı oluşumu olmuştur.

Tuzlu su uygulamasının aksine çamaşır sodası ve özellikle kola + karbonat solüsyonlarında akım iletimi ve yanma süreci daha yavaş gerçekleşmiştir. Çamaşır sodası her ne kadar iletken olsa da tuzlu su kadar hızlı iyon hareketine sahip olmaması ve bazikliği nedeniyle yüzey yapısını (selüloz-lignin) kimyasal olarak etkileyerek yanmayı kolaylaştırmış olabilir. Hobi amaçlı yapılan denemelerde farklı solüsyonlar denenmiş, karbonat olan çözeltilerde başarılı sonuçlar elde edilmiştir (URL-5).

Kola + karbonat karışımı içerisinde hem iyonik bileşenleri (nötrleşme sonucu oluşan sodyum fosfat tuzları vb.) hem de yüksek oranda organik maddeyi (şekerler gibi) barındırır. Şekerli çözeltiler saf haliyle iyi bir iletken değildir. Çünkü çözündüklerinde iyon oluşturmazlar ve dolayısıyla elektrik akımını iletemezler. Kolaya karbonat eklendiğinde asit-baz tepkimesi meydana gelmiş; bunun sonucunda iletken iyonlar oluşmuş, çözelti viskozitesi ve çözeltinin yüzeye tutunması artmış olabilir. Bu durum, yanma sırasında karbon bir tabaka oluşturarak çok dallı desenlerin meydana gelmesine yol açmış olabilir. Ahşap yakma kimyası üzerine yapılan değerlendirmelerde odunda öncelikle selülozun hızlıca yandığı geriye kömüre dönüşen lignin ve diğer şekerleri bıraktığı bildirilmiştir (URL-6). Bundan dolayı kola gibi şekerli bir elektrolitin ilave karbon birikimine neden olarak fraktal yakma işleminin dallanmadaki verimliliğini arttırdığı söylenilebilir. Ayrıca elde edilen bulgular doğrultusunda asidik, bazik veya tuzlu çözeltilerin yüzeyde akımın kolayca hareket edeceği iletken yollar oluşturarak dallanma oluşmamasına veya sınırlı şekilde oluşmasına neden olduğu görülmektedir. Yüksek voltaj ahşap yakma işlemi sonuçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- *Tuzlu Su*: Çok hızlı iyon hareketi kısa devre, fraktal yok, doğrusal yanık
- *Sodyum Karbonat*: Orta iletkenlik ve baziklik, yavaş ve yaygın yanma, fraktal yapı

- **Kola + Karbonat:** Hem iyonik hem de organik içerikli çözeltinin iletkenliği, şeker nedeniyle viskoz yapı, ideal fraktal desen.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlara göre en iyi fraktal yakma deseni (dallanma yoğunluğu, belirgin kontrastlı, geniş alana yayılma vb.) kola + karbonat karışımından elde edilmiştir. Diğer solüsyonlarda (tuzlu su, klorlu su, çamaşır sodası ve sadece kola) yanık desenleri oluşmakla birlikte, kola + karbonatın oluşturduğu kadar kompleks ve sürekli dallanma görülmemiştir. İletken solüsyonun bileşiminin fraktal desen oluşumunda kritik bir rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda asidik ve bazik bileşenleri bir araya getiren ve organik içerik barındıran bir çözeltinin, tuz veya baz içeren çözeltilere kıyasla kontrplak yüzeyinde daha etkili bir fraktal yakma oluşturduğu belirlenmiştir.

Son yıllarda, fraktal yakma tekniği ile elde edilen desen ve görünümler, ahşap süsleme işlerinde ve mobilya yüzeylerinde (fraktal desenli masa tablası, pano veya dekoratif panel vb.) eşyanın dekoratif ve estetik değerlerini artırmak amacıyla uygulanmaktadır. Bu doğrultuda geleneksel tekniklere alternatif olarak ve modern ahşap işlemede farklı bir tarz olarak ortaya çıkmaktadır ve uygulaması yaygınlaşmaktadır. Yüksek voltaj ahşap yakma makineleri ile ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin yüzeylerinde dekoratif yüzeyler oluşturmak için kola + karbonat karışımı veya çamaşır sodası solüsyonlarının ve en az 1200 V seviyesinde kullanılması önerilmektedir. Ayrıca farklı ahşap ve ahşap esaslı malzemeler ve farklı solüsyonlar ile benzer çalışmaların yapılarak tür, yoğunluk, sertlik, kesit yüzeyi, asit, baz, iyoniklik vb. hususların fraktal yakmada desen oluşumuna etkisinin araştırılması önerilmektedir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular genel olarak başarılı bir biçimde ortaya konulmuştur. Ancak istatistiksel doğrulama eksikliği çalışmanın sınırlılıkları arasında değerlendirilmektedir.

Gelecek araştırmalarda çok değişkenli analizler ve gelişmiş yüzey karakterizasyon değerlendirme tekniklerinin kullanılması önerilmektedir. Fraktal yakma işlemi ciddi yaralanma ve ölümlere neden olduğu için gerekli yalıtım ve güvenlik önlemlerinin alınarak uygulanması gerekmektedir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A- Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir (Başvuru Numarası: 1919B012303413).

KAYNAKLAR

- Byard RW, Langlois NEI (2025) Fractal wood burning remains a potentially lethal recreational activity, *Forensic Science, Medicine and Pathology*.
- Keskin H ve Asarcıklı M (2005) Ahşap Süsleme Teknikleri. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Kaya S (2014) Düzce ili Kaynaşlı ilçesi ahşap el sanatları. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Isparta.
- Kalaycı Ü (2014) Ahşap Yakma (Pirografi) Sanatı ve Bir Usta. Bahar, 29.
- Karamanoğlu M (2022) Effect of Japanese wood burning technique (Shou Sugi Ban) on hardness and surface roughness of cellulosic varnish. *ASEAN Journal of Science and Technology*, 3 (Special Issue No. 1):25-29.
- Russo R, Pumiglia L, Bettencourt AP, Roman J, Vercruyse GA (2021) Shocked though the heart and youtube is to blame-the rising incidence of accidental trans-cardiac electrocution from do-it-yourself fractal wood art, and a call to action. *Journal of Burn Care&Research*, 42(2):236-240.
- URL-1. <https://www.woodburncorner.com/burnblog/a-brief-history-of-pyrography#:~:text=Pyrography%20is%20one%20of%20the,term%20pyrography%20came%20to%20be>, Erişim Tarihi: 09.04.2025.
- URL-2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Pyrography#:~:text=The%20term%20means%20,3> Erişim Tarihi: 09.04.2025.
- URL-3. <https://www.woodturner.org/Woodturner/Woodturner/Resources/Safety-Materials/Safety-Fractal-Burning-Lichtenburg-Burning.aspx>, Erişim Tarihi: 09.04.2025.
- URL-4. <https://www.flowvis.org/media/2015/2015TeamSecond/Reports/Vincent%20Staverosky%20Team%20Second%20Fall%202015.pdf>, Erişim Tarihi: 15.04.2025.
- URL-5. <https://madlab5.blogspot.com/2019/04/experiments-with-lichtenberg-figures.html#:~:text=Much%20to%20my%20surprise%2C%20the,so dium%20chloride%20worked%20very%20well>, Erişim Tarihi: 15.04.2025.
- URL-6. <https://www.nelma.org/burning-wood-to-make-it-fireproof-the-science-behind-shou-sugi-ban/#:~:text=,Charcoal%20is>, Erişim Tarihi: 15.04.2025.

Kavela Ölçülerinin Yonga Levha ve Orta Yoğunlukta Lif Levhadan Üretilen Mobilya Raflarının Rijitliği Üzerindeki Etkileri

Effects of Dowel Size on Rigidity of the Furniture Shelves Constructed of Particleboard and Medium Density Fiberboard

Tolga KUŞKUN^{*1}, Cafer Enes UĞURLU², Ali KASAL¹

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Muğla

²Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Muğla

Eser bilgisi /Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1728769

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Tolga KUŞKUN

e-mail: tolgakuskun@mu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

27.06.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

12.08.2025

Kabul tarihi / Accepted

12.08.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Mobilya rafları

Yayıllı yük

Rijitlik

Kavela

Yonga levha

Lif levha

Keywords:

Furniture shelves

Uniform load

Rigidity

Dowel

Particleboard

Fiberboard

Özet

Bu çalışmada, farklı kalınlıktaki ahşap esaslı levhalardan farklı ölçülerde kavelalar ile birleştirilmiş mobilya raflarının yayılı yük altındaki rijitlikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Deney örneklerinin üretiminde, sektörde yaygın olarak kullanılan 16 ve 18 mm yonga levha (YL) ve orta yoğunlukta lif levha (MDF) kullanılmış, birleştirmelerde ise iki farklı kavela çapı (8, 10 mm) ve üç farklı kavela boyu (30, 35, 40 mm) olmak üzere 6 farklı ölçüde kavelalar kullanılmıştır. Kavelaların yapıştırılmasında polivinilasetat (PVAc) tutkalından yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında 2 ahşap esaslı levha, 2 levha kalınlığı, 2 kavela çapı, 2 kavela boyu ve her bir deney örneğinden 3 tekrür olmak üzere; toplam 72 adet H-tipi deney örneği hazırlanmış ve düzgün yayılı statik yük altında test edilmiştir. Deneyler sonucunda MDF ile üretilen deney örneklerinde YL ile üretilen deney örneklerine daha yüksek rijitlik değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, panel kalınlığının artmasının rijitlik üzerinde önemli derecede pozitif etkisinin olduğu görülmüştür. Burada 18 mm kalınlığındaki levhalar ile üretilen deney örneklerinde 16 mm kalınlığındaki levhalar ile üretilen deney örneklerine göre önemli derecede daha yüksek rijitlik değerleri elde edilmiştir. Kavela çapı ve kavela boyunun, birleştirmelerin yayılı statik yük altında gösterdikleri rijitlik değerleri üzerindeki etkileri istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. Çalışma kapsamında denenen kavelalar içerisinde en iyi rijitlik katsayısı elde edilenler sırasıyla; 10 x 30 mm, 10 x 35 mm ve 8 x 35 mm ölçülerindeki kavelalar olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda, birleştirmelerde kullanılan kavela çapı ve boyunun statik yayılı yük altındaki rijitlik değerlerine etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

Abstract

In this study, the rigidities of furniture shelves constructed of wood-based panels of different thicknesses connected with dowels of different sizes under uniform load was experimentally investigated. Particleboard (PB) and medium density fiberboard (MDF) which are commonly utilized in the industry with thicknesses of 16 and 18 mm were utilized as wood-based panels in the preparation of the specimens, and dowels of 6 different sizes were used in the joints, including 2 different dowel diameters (8, 10 mm) and 3 different dowel lengths (30, 35, 40 mm). PVAc adhesive was used for bonding the dowels. Within the scope of the study, 2 wood-based panels, 2 panel thicknesses, 2 dowel diameters, 2 dowel lengths and 3 replications of each specimen; a total of 72 H-type specimens were prepared and tested under uniformly distributed static load. As a result of the tests, higher stiffness values were obtained in the specimens constructed of MDF compared to the specimens constructed of YL. It was also observed that increasing the panel thickness had a significant positive effect on the rigidity. In here, significantly higher rigidity values were obtained in test specimens produced with 18 mm thick boards than in test specimens produced with 16 mm thick boards. The effects of dowel diameter and length on the rigidity values of the joints under uniformly distributed static loads were found to be statistically insignificant. Among the dowels tested in the study, the ones with the best rigidity coefficients were found to be those with dimensions of 10 x 30 mm, 10 x 35 mm, and 8 x 35 mm, respectively. As a result of the study, effect of the dowel diameter and length used in the joints on the rigidity values under static distributed load was found to be statistically insignificant.

GİRİŞ

Mobilya, günlük yaşamda sıkça kullanılan; bireylerin ve toplumların refahına katkı sağlayan, yaşamsal, sosyal ve kültürel gereksinimlere hizmet eden bir üründür. İnsan

yaşam kalitesini doğrudan etkileyen, geniş bir kullanıcı kitlesine hitap eden mobilya, bu yönüyle yaşamın vazgeçilmez bir unsuru olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle, mobilyalara yönelik tüm iyileştirmeler,

kullanıcıların yaşamlarını doğrudan olumlu bir şekilde etkileyecektir.

Mobilya üretiminde genel olarak üç temel konstrüksiyon tipi kullanılmaktadır: Kutu (panel), çerçeve (iskelet) ve kombine yapılar. Tablaların temel eleman olarak yer aldığı mobilyalar panel mobilyalar; ahşap çerçevelerin kullanıldığı yapılar ise çerçeve tipi olarak sınıflandırılmaktadır. Tabla ve çerçeve elemanlarının birlikte kullanıldığı ürünler kombine konstrüksiyon olarak adlandırılmaktadır (Efe 1994). Çerçeve tipi yapısal özelliklere sahip mobilyalarda, direnci belirleyen temel unsur çubuk elemanların eğilme direnciyken; kutu tipi mobilyalarda bu direnç, tabla elemanlarının rijitliği yani burulmaya karşı gösterdiği direnç ile sağlanmaktadır (Eckelman 2003). Kutu mobilyaların raflarında oluşan sehimlerin iyileştirilmesine yönelik akademik çalışmalar, mobilya tasarımı ve üretim süreçlerinde önemli kolaylıklar sağlayacaktır. Bu tür araştırmalar, fonksiyonel ve amaca uygun ürünlerin geliştirilmesini mümkün kılarak, daha dayanıklı ve kullanıcı odaklı mobilya tasarımlarının ortaya çıkmasına katkı sunar. Sonuç olarak, kullanıcıların yaşam kalitesinin artırılmasına doğrudan etki edebilir. Literatürde rafların yer değiştirme (sehim) özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmaların (Atar 1994, Madriz 1997, Eckelman 2003, Göktaş ve ark. 2004, Jıvkov ve ark. 2010, Kholil 2024) sınırlı olduğu görülmektedir. Raf sistemlerinde karşılaşılan deformasyon problemleri, kullanıcı deneyiminde olumsuz etkilere yol açmakta ve sıklıkla memnuniyetsizlik konusu olmaktadır. Kholil raflarının üretimine yönelik yapılan araştırma sonuçlarına göre, ürünlerde dört tip kusur tespit edilmiş; bunlarında, uygun olmayan vernik, bağlantı noktası kusurları, çatlaklar ve ahşap dokusu kusurları olduğu belirtilmiştir (Kholil 2024). Eckelman (2003) çalışmasında rafların sehimlerinin, raf uzunluğunun en çok 1/200 ve en az 1/500 olması durumunda, rafta oluşan sehimin kabul edilebilir düzeyde olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, sehim oranı raf uzunluğunun 1/180'i düzeyinde olduğunda estetik olarak kabul edilebilir bir görünüm sağlandığı, bu oranın 1/165'e yükselmesi durumunda estetik algının bozulduğu ifade edilmiştir (Eckelman 2003). Atar (1994), TS 9215 standardına göre gerçekleştirdiği çalışmasında, lif levhanın yonga levhaya kıyasla yayılı yükler altında daha iyi sehim performansı sergilediğini belirtmiştir. Jıvkov ve

ark. (2010) çalışmasında melamin kaplı YL ve MDF levhalardan oluşturulan raf sistemlerinin alt yüzeylerine açılan kanallara 2–3 adet kontrplak çita yerleştirilerek sehim davranışlarını incelemiştir. Sonuçlara göre, alt yüzeye üç çita eklenen yonga levhalarda sehim değerleri %20, lif levhalarda ise %30 oranında iyileşme göstermiştir. Tankut ve ark. (2003a), yonga levha ve lif levhalardan oluşan raflara arka yüzeyden vida uygulanması durumunda, sehim miktarında %33 oranında azalma sağlandığını raporlamışlardır. Aynı araştırma grubunun başka bir çalışmasında (Tankut ve ark. 2003b), kitaplık raflarında sarı kavak ve kızıl meşe çerçevelerle kullanılan raflarda, sehim değerlerinin yaklaşık %28 oranında azaldığı belirtilmiştir. İcha ve ark. (2022) kitaplık rafları ile ilgili yaptıkları bir çalışmada rafların yük taşıma kapasitelerini analitik ve deneysel olarak incelemişlerdir. Konsol kiriş gibi iki yan kenarından bağlanan paneller şeklinde tasarlanan kitaplık raflarının mekanik bağlantı elemanları ile birleştirildiğini ve rafların 52 kg yük taşıma kapasitesine ulaştığını belirtmişlerdir. Ozarska ve Harris (2007), 230 °C sabit sıcaklık altında, ortam rutubetinin %35–85 arasındaki değişiminin rafların sehim performansı üzerindeki etkisini incelemişler; nem oranının azalmasına bağlı olarak sehim miktarının da azaldığını ortaya koymuşlardır. Göktaş ve ark. (2004), ahşap esaslı levhalardan vidalı birleştirme yöntemiyle üretilmiş raflarda, yüzeye dik (lateral) yük taşıma performansını değerlendirmişler ve 32 mm uzunluğa sahip vida etkili boylarında yük taşıma kapasitesinin anlamlı olarak arttığını bildirmişlerdir. Madriz (1997), panel mobilyalarda sabit rafların çoğunlukla geleneksel yöntemlerle montajlandığını ifade etmiştir. Ayrıca, vida ve minifiks gibi bağlantı elemanlarının, işçilik ve montaj kolaylığı açısından diğer birleştirme türlerine kıyasla daha avantajlı olduğu vurgulanmıştır.

Bu çalışmada, kutu konstrüksiyonlu mobilya bağlantılarında kullanılan kavelalı birleştirmelerde, kavela çapı ve kavela etkili boyunun raflarda oluşan sehim üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca, kullanılan ahşap esaslı panel malzemenin ve levha kalınlığının da raf sehimleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

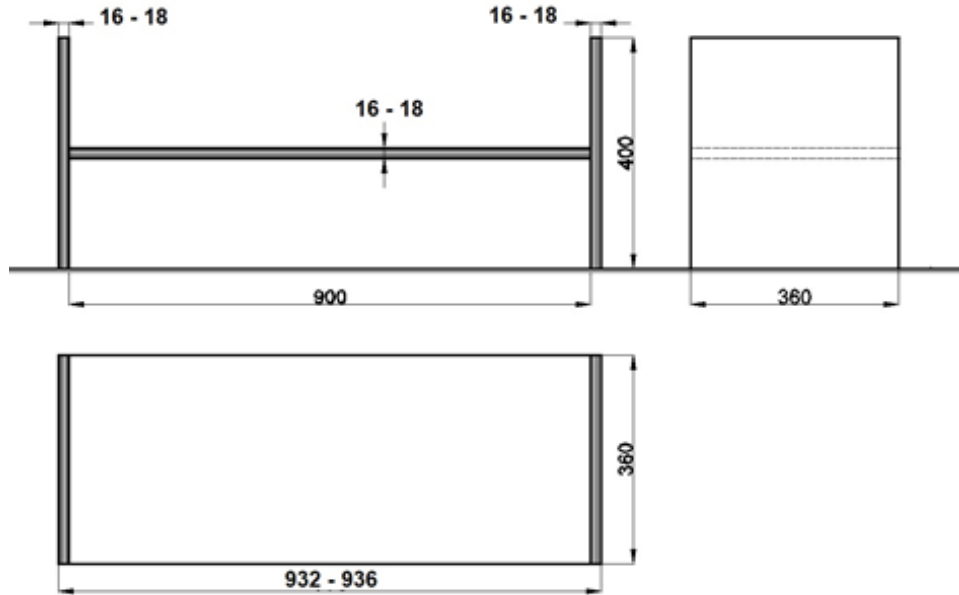
Çalışma kapsamında, ahşap esaslı levha olarak 16 mm ve 18 mm kalınlıkta olmak üzere yonga levha (YL) ve orta yoğunlukta lif levhalar (MDF) kullanılmıştır. Temin edilen levhaların yoğunlukları 18 mm YL, 18 mm MDF, 16 mm YL ve 16 mm MDF için sorasıyla; 0.63 g/cm³, 0.72 g/cm³, 0.65 g/cm³ ve 0.73 g/cm³ olarak ölçülmüştür. Yoğunluk ölçümleri TS EN 323 standardına göre yapılmıştır. Ayrıca, deney örneklerinin deneylerden önce kondisyonlanma sonrasında rutubet oranları da TS EN 322'ye göre ölçülmüştür. Test edilen levhaların rutubetleri yaklaşık %7 civarında bulunmuştur. H-tipi deney örneklerinin birleştirme yerlerinde 2'şer adet Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) yivli gövdeli kavelalar kullanılmış ve bu kavelalar TS 3891'e uygun olarak bünyesinde %45 katı madde bulunduran polivinilasetat (PVAc) tutkalı ile yapıştırılmıştır. PVAc yapıştırıcıları, vinil asetat monomerinin sulu fazda birbirine bağlanarak daha büyük moleküller oluşturduğu bir kimyasal reaksiyon sonucu

elde edilen ve performans artırıcı katkıları içeren dispersiyon esaslı sistemlerdir. TS 3891 standardına göre, PVAc tutkalının birleştirilecek yüzeylerden yalnızca birine 150–200 g/m² oranında uygulanması, etkin bir yapışma performansı sağlamak için yeterlidir. Polivinil asetat (PVAc) tutkalının fiziksel ve kimyasal özellikleri incelendiğinde; yoğunluğunun 1.088 g/cm³, viskozitesinin 10,000–14,000 cP, pH değerinin 6.0–7.5 aralığında ve içerdiği plastifiyan oranının yaklaşık %2 olduğu görülmektedir. Tutkalın açık bekletme süresi uygulama koşullarına bağlı olarak 0.5 ila 2 saat arasında değişmektedir (Anonim 2015).

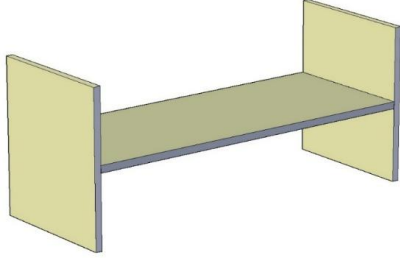
Yöntem

H-tipi Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney örneği olarak, rafların içten içe ölçüsü 900 x 360 olan H-tipi birleştirme elemanları geleneksel yöntemler ile üretilmiştir (Şekil 1). Deney örneklerinin üç boyutlu perspektif görünüşü Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan H-tipi deney örneğinin genel ölçüleri



Şekil 2. Çalışmada kullanılan H-tipi deney örneğinin perspektifi

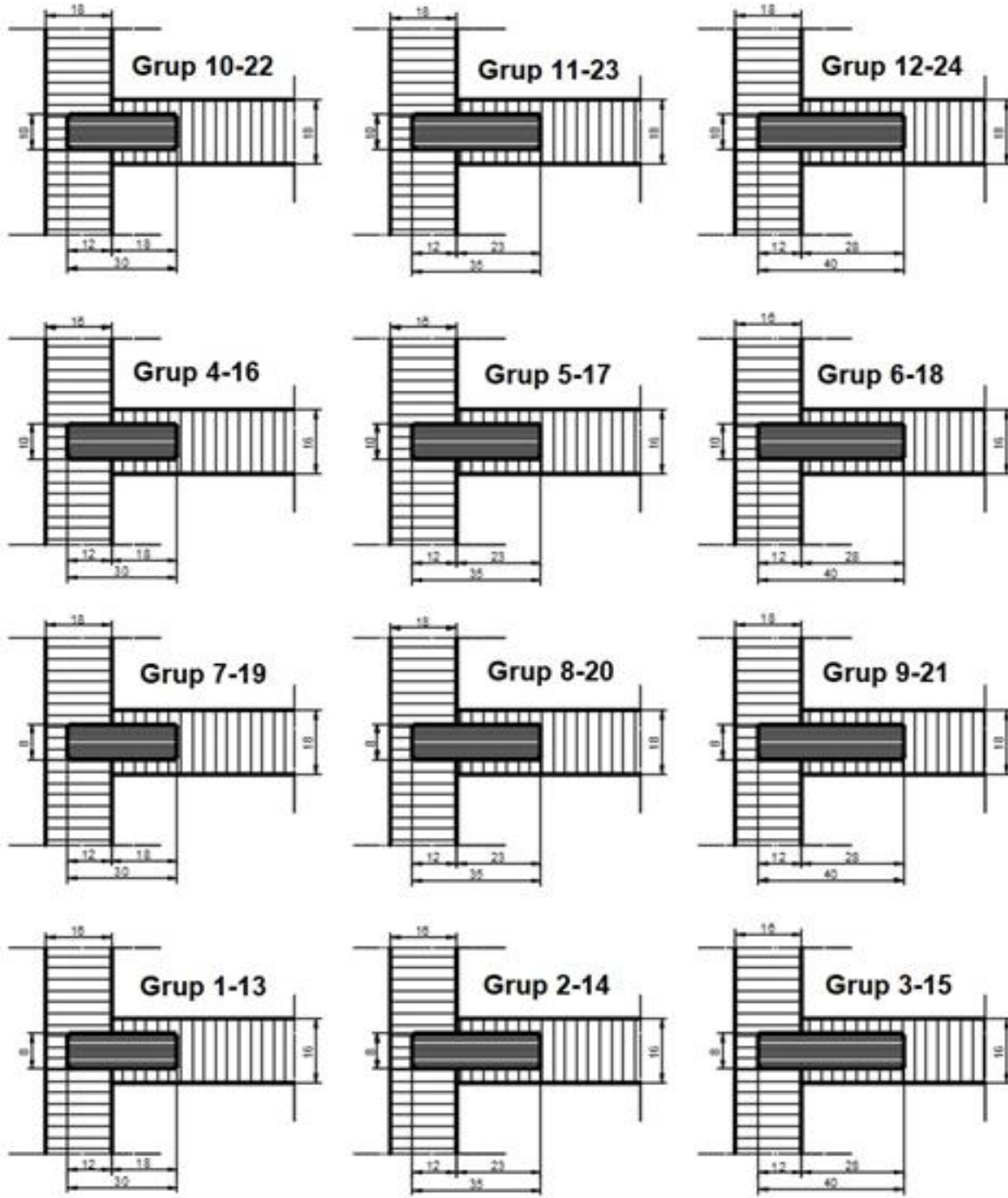
Deney örneklerinin üretiminde, kalınlık faktörünün etkisini de incelemek için hem 16 mm hem de 18 mm kalınlığında olan levhalar kullanılmıştır. Deney örneklerinin birleştirilmesinde yivli gövdeli Doğu kayını kavelalar kullanılmış ve yapıştırıcı olarak da PVAc tutkalından yararlanılmıştır. Deney örnekleri

birleştirilirken, 6 farklı kavela ölçüsü kullanılmıştır. Bunlar, 8 x 30 mm, 8 x 35 mm, 8 x 40 mm, 10 x 30 mm, 10 x 35 mm ve 10 x 40 mm çap ve boylarındaki kavelalardır.

Çalışma kapsamında, 2 ahşap esaslı levha (YL, MDF), 2 levha kalınlığı (16 ve 18 mm), 2 kavela çapı (8 ve 10 mm), 3 kavela boyu (30, 35 ve 40 mm) ve her bir deney örneğinden 3 tekerrür olmak üzere toplam 72 adet H-tipi örnek hazırlanarak test edilmiştir. Bir başka ifadeyle, H-tipi deney örneklerinin üretiminde 24 farklı grup deney örneği oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan deneme deseni Çizelge 1’de verilmiş, her bir grup deney örneğinin birleştirme kesit ölçülerine ilişkin çizimler Şekil 3’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan deneme deseni

Grup No	Ahşap Esaslı Levha Türü	Levha Kalınlığı (mm)	Kavela Çapı (mm)	Kavela Boyu (mm)	Yineleme
1	YL	16	8	30	3
2				35	3
3				40	3
4			30	3	
5			35	3	
6			40	3	
7		18	10	30	3
8				35	3
9				40	3
10			30	3	
11			35	3	
12			40	3	
13	MDF	16	8	30	3
14				35	3
15				40	3
16			30	3	
17			35	3	
18			40	3	
19		18	10	30	3
20				35	3
21				40	3
22			30	3	
23			35	3	
24			40	3	
Toplam					72



Şekil 3. H-tipi deney örneklerinde uygulanan farklı ölçülerdeki kavelalı birleştirme kesit görünüşleri

Montaj işlemlerinde kavelaların yapıştırılmasında PVAc tutkallı kullanılmıştır (Anonim 2015). Deney örneklerinin birleştirilmesinde Doğu kayını odunundan 8 veya 10 mm çaplı ve 35, 40 veya 50 mm boyunda yivli gövdeye sahip 2 adet kavela kullanılmıştır. Kavelaların düşey elemanlardaki derinliği 12 mm olacak şekilde tüm deney grupları için sabit tutulmuştur. Yatay elemanlardaki

kavela derinlikleri ise 30 mm boyundaki kavelalarda 18 mm, 35 mm boyundaki kavelalarda 23 mm ve 40 mm boyundaki kavelalarda ise 28 mm olarak ayarlanmıştır (Şekil 3). Montaj süreçlerinde, parçalar preslenmiş olarak 8 saat bekletilmiştir. Pres işlemi parçaların birleştirme yerlerine uygulanmıştır. H-tipi raf deney örneklerinin üretim süreçlerine ilişkin görsel Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 4. Deney örneklerinin montaj süreçleri

Testlere alınan örnekler, 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 3$ bağıl nem koşullarındaki laboratuvar koşullarında dengeleninceye kadar (yaklaşık 1 ay) bekletilmiştir.

Deney Örneklerinin Statik Yayılı Yükleme Deneylerinin Yapılışı

Hareketli rafların deneylerinde; TS 9215 standardı kullanılmıştır. H-tipi deney örnekleri 5 ton kapasiteli üniversal test cihazında gerçekleştirilmiştir. Deney cihazının yükleme hızı 6 mm/dak olarak ayarlanmıştır.

Deneylerde, yayılı yük uygulanması amacıyla özel olarak hazırlanmış, $800 \times 350 \times 50$ mm ölçülerinde rijitliği çok yüksek bir metal aksam raf yüzeyine yerleştirilmiş ve deney cihazının yükleme başlığının altında yer almıştır. Bu metal aksam sayesinde deney yükü raf yüzeyine yayılı yük şeklinde dağılmıştır. Bu metal aksamın uzunluğu, rafın her iki birleştirme tarafından da 100'er mm boşluk bırakılacak şekilde kısa olarak yapılmış ve kavelaların etki alanlarından uzak olması sağlanmıştır. Ayrıca bu sayede, birleştirmelerde kullanılan kavelaların direk olarak bir kesme kuvvetine maruz kalması da engellenmiştir.

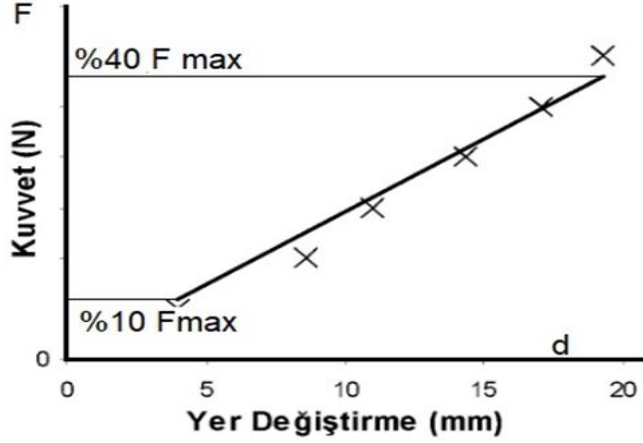
Deneylerde yüklemeler, H-tipi deney örneklerinde aşırı deformasyonlar oluşup, deney örnekleri yük taşıyamaz hale gelinceye kadar kademeli bir şekilde statik yükleme ile arttırılmıştır. Deneylerde kullanılan düzenek ve yükün uygulanması Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Deney örneklerinin montaj süreçleri

Deneyler sırasında, kavelalı birleştirilmiş H-tipi deney örneklerinde, raf elemanlarının rijitliğini değerlendirebilmek amacıyla, birim kuvvet (F) artışına karşılık gelen yer değiştirme (d) miktarları (defleksiyonlar) ölçülmüş ve buna göre kuvvet–yer değiştirme (deformasyon) ilişkileri belirlenmiştir. Sonuçta “rijitlik katsayıları” (K) elde edilmiştir.

Kuvvet–yer değiştirme ilişkilerinin tanımlanmasında, H-tipi deney örnekleri tarafından taşınan maksimum yük değerlerinin yaklaşık %10'u ile %40'luk bölümündeki doğrusal (elastik) bölgede ($y=ax$) eşitliği elde edilmiştir. Deneylerde, kuvvet-deformasyon doğrusunun “y” eksenini kestiği noktalar sıfır noktası olarak alınmıştır (0,0). Başka bir ifadeyle, kuvvetin başlangıç noktası olan sıfır noktası yer değiştirme için de sıfırdır. Bu yöntem ile belirlenen doğru denklemi “ $y=ax$ ” şeklinde ifade edilmiştir. Belirtilen denklemde; y ile ifade edilen değişken kuvvet (N), x ile ifade edilen değişken yer değiştirme miktarı (mm), a ile ifade edilen değişken ise regresyon katsayısı (doğrunun eğimi)'dir. Buna göre, denklemde ifade edilen x ve y değişkenleri doğrusal (linear) artışlar göstermektedir. Belirtilen ifadede x' in çarpanı olan (a) değeri “regresyon katsayısı”dır. Bu çarpan elde edilen doğrunun eğimini belirler (Şekil 6).



Şekil 6. H-tipi deney örneklerinde kuvvet-yer değiştirme ilişkileri

Birleştirmelerdeki rijitlik katsayılarını belirlemek için kullanılan eşitlikte;

$$k = \frac{F}{d} \quad (1)$$

formülünden yararlanılmıştır. Bu bağlamda; K ile ifade edilen değişken rijitlik katsayısını (N/mm), F uygulanan kuvveti (N) ve d deformasyon miktarını (mm) ifade etmektedir. Kuvvet-deformasyon ilişkisini belirten $y=ax$ doğrusu dikkate alındığında, elde edilen regresyon katsayısı a, bu ilişkinin eğimini temsil etmektedir. Dolayısıyla, regresyon katsayısı olarak ifade edilen a değeri, aynı zamanda sistemin rijitliğini belirten rijitlik katsayısı K ile özdeştir. Bu ilişki matematiksel olarak $K=a$ şeklinde ifade edilmektedir.

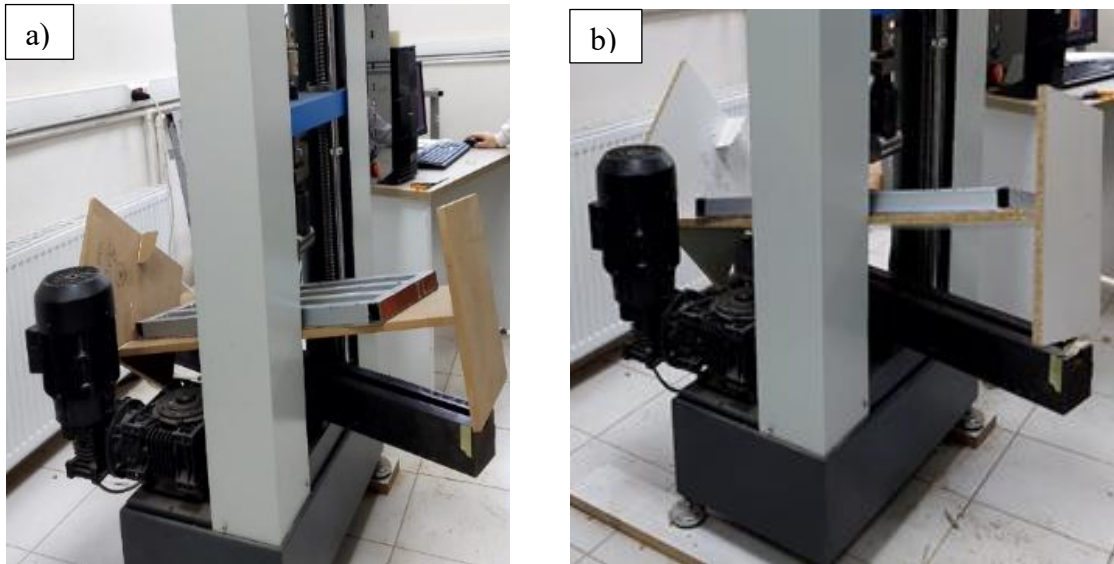
İstatistiksel Analizler

Deney sonuçlarının istatistiksel analizinde; malzeme, kavela çapı, kavela boyu ve bu faktörlerin etkileşimlerinin, H-tipi birleştirmelerin statik yayılı yük altındaki rijitliklerine etkileri "çoklu varyans analizleri" (MANOVA) ile belirlenmiş, farklılıkların $p<0.05'$ e göre istatistiksel anlamda farklı çıkması halinde bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için "en küçük önemli fark" (LSD: Least Significant Difference) testi kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

H-tipi deney örneklerinin, yayılı statik yüklemelere karşı göstermiş oldukları deformasyon karakteristikleri incelendiğinde, raf (yatay) elemanların yayılı yük altında tipik bir eğilme elemanı şeklinde sehim (defleksiyon) yaptığı ve yüklemenin artırılması sonucunda da yatay ve düşey elemanların birleştirme noktalarındaki kavelaların yuvasından çıkması ya da kırılması şeklinde deformasyonlara uğradığı gözlenmiştir. Bu deformasyonlar, 16 mm kalınlığındaki levhalarda daha büyük miktarlarda gerçekleşmiştir.

Hem 16 hem de 18 mm kalınlığındaki MDF levhalarda kavelalı birleştirme olan yüzeylerde ve kenarlarda yarılmalar meydana gelmiş, hatta buralarda yarılan parçaların koparak ayrıldığı görülmüştür. Deneyler sonucunda gözlemlenen tipik deformasyonlar Şekil 7' de gösterilmiştir.



Şekil 7. H-tipi (a) MDF ve (b) YL deney örneklerinin tipik deformasyonu

Deney örneklerinin statik yayılı yüklemeye ile gerçekleştirilen performans testleri sonucunda elde edilen rijitlik katsayısı değerleri varyasyon katsayıları ile birlikte Çizelge 2’de, varyans analizi sonuçları ise Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 2. Deney örneklerinin rijitlik katsayısı değerlerine ilişkin veriler

Levha Türü	Levha Kalınlığı (mm)	Kavela Çapı (mm)	Kavela Boyu (mm)	Rijitlik Katsayısı (k) (N/mm)	Varyasyon Katsayısı (v) (%)
YL	16	8	30	436	2.75
			35	567	6.78
			40	389	3.48
		10	30	493	5.79
			35	438	10.01
			40	455	10.88
	18	8	30	587	6.59
			35	570	6.71
			40	574	6.78
		10	30	606	5.24
			35	575	9.04
			40	614	5.42
MDF	16	8	30	403	3.58
			35	489	8.21
			40	510	15.90
		10	30	484	16.84
			35	497	10.82
			40	510	6.82
	18	8	30	630	1.25
			35	632	8.39
			40	628	5.96
		10	30	703	5.96
			35	646	11.92
			40	599	9.16

Çizelge 3. Varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata ihtimali (p<0.05)
M	3	386316	128772	61.30	0.000
KÇ	1	5301	5301	2.52	0.119
KB	2	3457	1729	0.82	0.445
M x KÇ	3	2403	801	0.38	0.767
M x KB	6	40743	6790	3.23	0.010
KÇ x KB	2	20929	10464	4.98	0.011
M x KÇ x KB	6	30664	5111	2.43	0.039
Error	48	100836	2101	-	-
Toplam	71	590649	-	-	-

Varyans analizi sonuçlarına göre, H-tipi deney örneklerinin yayılı statik yük altındaki rijitlik değerleri üzerinde; malzeme ana faktörünün etkisi 0.05 hata payı ile anlamlı bulunurken, kavela çapı ve kavela boyu ana

faktörlerinin etkileri ise istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Burada, 900 mm’lik bir raf boyunda, çalışmada denenen kavela çap ve derinlik ölçülerinin rijitlik üzerindeki etkilerinin önemsiz derecede düşük olduğu anlaşılmıştır. İkili etkileşimlerden; malzemekavela boyu ile kavela çapı x kavela boyu ikili etkileşimlerinin rijitlik katsayısı üzerindeki etkileri anlamlı bulunurken, malzeme x kavela çapı etkileşiminin etkisi anlamsız bulunmuştur. Malzeme x kavela çapı x kavela boyu üçlü karşılaştırma sonuçları da 0.05 yanılma olasılığı için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Buna göre, varyans analizinde anlamlı bulunan faktör ve/veya etkileşimler için karşılaştırma testleri gerçekleştirilmiştir. Varyans analizindeki F değerleri incelendiğinde, H-tipi birleştirme deney örneklerinin yayılı statik yük altındaki rijitliğinde malzeme (levha türü ve kalınlık) faktörünün belirgin bir şekilde etkili olduğu görülmektedir. Burada, deney sonuçlarına göre, kalınlık faktörünün bu belirginliğin ortaya çıkmasında çok etkili olduğu söylenebilir. Deneyler sonucunda, 18 mm levhalardan hazırlanan örneklerde, 16 mm kalınlığındaki levhalardan hazırlananlara kıyasla, levha türüne bakılmaksızın çok daha yüksek rijitlik katsayısı değerleri elde edilmiştir.

Jivkov ve ark. (2010) yonga levha (PB) ve MDF’den üretilen raflarda, kontrplak şeritlerle yapılan güçlendirmenin rafların performansı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmaları, bu çalışma için önemli bir referans oluşturmaktadır. Jivkov ve ark. (2010), mobilya raflarında kontrplak şeritlerle yapılan güçlendirme uygulamasının, özellikle MDF raflarda esneme miktarını %20-30, yonga levhalarda ise %12-20 oranında azalttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, üç şeritli güçlendirme uygulamasında MDF rafların standart raflara göre %33 daha az deformasyon gösterdiği, iki şeritli uygulamada ise bu oranın %20 civarında olduğu vurgulanmıştır. Yapılan çalışmada, özellikle birleştirmelerde yapılan değişikliklerin, rafların yük taşıma kapasitesini ve rijitliğini önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, Jivkov ve ark. (2010)’nın bulgularıyla uyumludur ve güçlendirme uygulamalarının özellikle uzun süreli statik yükler altında raf performansını artırmada etkili olduğunu göstermektedir.

Kavela çapı ve kavela boyu dikkate alınarak malzeme ana faktörünün, H-tipi deney örneklerinin rijitlik katsayısı değerlerine etkilerine ait ortalama karşılaştırmaları Çizelge 4’ te verilmiştir.

Çizelge 4. Malzeme faktörü için rijitlik katsayısı ortalamalarının karşılaştırılması

Malzeme	Rijitlik Katsayısı (N/mm)	
	X	HG
18 mm MDF	639.655	A
18 mm YL	587.772	B
16 mm MDF	482.298	C
16 mm YL	462.808	C

X: Ortalama, HG: Homojenlik grubu

Malzeme faktörü için başarı sıralaması; 18 mm MDF, 18 mm YL, 16 mm MDF ve 16 mm YL şeklindedir. Bu sonuçlara göre, MDF malzemeden üretilen örnekler, YL malzemeden elde edilen deney örneklerine üstünlük sağlamışlardır. Ayrıca; 18 mm levhaların, 16 mm levhalara kıyasla önemli oranda üstünlük sağladığı görülmektedir. Bununla birlikte, 16 mm MDF ve YL levhalar ile üretilen örneklerin rijitlik katsayıları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bununla beraber 18 mm MDF ile elde edilen örnekler aynı kalınlıktaki YL ile üretilmiş deney örneklerine %9 daha rijit davranış göstermişlerdir. Bu oran 16 mm kalınlığındaki levhalar ile üretilen deney örneklerinde sadece %4’tür. Levha türüne bakılmaksızın, 18 mm levhalarla üretilen örnekler, 16 mm levhalarla üretilen deney örneklerinden %30 daha yüksek rijitlik göstermişlerdir. Bu sonuçlara göre, üretimde kullanılan malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin rijitlik katsayıları üzerinde olumlu yönde etkili olduğu söylenebilir. Özellikle, kalınlık faktörünün rijitlik katsayısı değerleri üzerindeki etkileri net bir şekilde gözlenmiştir. Ayrıca, 18 mm MDF ile elde edilen örneklerin, aynı kalınlıktaki YL örneklere göre %9 daha rijit davranış sergilediği; 16 mm kalınlığında ise bu oranın %4 olduğu tespit edildiği durum, Jıvkov ve ark. (2010)’da MDF’nin yonga levhaya kıyasla daha avantajlı olduğu, ancak kalınlık azaldıkça bu farkın azaldığı yönündeki bulgularla benzerlik göstermektedir. Aynı şekilde, Göktaş ve ark. (2004) çalışmalarında, MDF’nin yük taşıma ve rijitlik açısından yonga levhadan daha üstün olduğunu vurgulamışlardır.

Tankut ve ark. (2003a) ile Tankut ve ark. (2003b) çalışmalarında, bağlantı detayları ve levha kalınlığının, özellikle ince levhalarda, malzeme türü kadar etkili

olabileceğini belirtmişlerdir. Düşük kalınlıklarda malzeme farkının daha az belirleyici olduğu yönündeki görüş, çalışma kapsamında belirlenen, 16 mm MDF ve YL levhalar arasındaki farkların istatistiksel olarak önemsiz bulunması durumu ile örtüşmektedir. Malzeme x kavela boyu ikili etkileşiminin, H-tipi deney örneklerinin rijitlik katsayısı değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırılması Çizelge 5’te verilmiştir.

Çizelge 5. Malzeme x kavela boyu ikili etkileşimi sonuçları

Malzeme x Kavela boyu	Rijitlik Katsayısı (N/mm)	
	X	HG
18 mm MDF x 30 mm	666.398	A
18 mm MDF x 35 mm	639.286	AB
18 mm MDF x 40 mm	613.281	ABC
18 mm YL x 30 mm	596.791	BC
18 mm YL x 40 mm	593.975	BC
18 mm YL x 35 mm	572.549	C
16 mm MDF x 40 mm	510.103	D
16 mm YL x 35 mm	502.227	D
16 mm MDF x 35 mm	492.851	DE
16 mm YL x 30 mm	464.520	DEF
16 mm MDF x 30 mm	443.941	EF
16 mm YL x 40 mm	421.678	F

Buna göre, malzemexkavela boyu etkileşimi sonuçlarında, en iyi sonuçlar 18 mm kalınlığındaki MDF levha ile sırasıyla 30 mm, 35 mm ve 40mm boyundaki kavelalar ile üretilen örneklerde elde edilirken; en düşük rijitlik katsayısı değerleri 16 mm kalınlığındaki MDF veya YL ile 40 mm boyundaki kavelalar ile birleştirilen örneklerde elde edilmiştir. Kavela çapı x kavela boyu ikili etkileşiminin, H-tipi deney örneklerinin rijitlik katsayısı değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırılması Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. Kavela çapı x kavela boyu ikili etkileşimi sonuçları

Kavela Çapı x Kavela Boyu	Rijitlik Katsayısı (N/mm)	
	X	HG
10 mm x 30 mm	571.828	A
8 mm x 35 mm	564.535	A
10 mm x 40 mm	544.393	AB
10 mm x 35 mm	538.921	AB
8 mm x 40 mm	525.126	B
8 mm x 30 mm	513.997	B

Bu sonuçlara göre, en yüksek rijitlik katsayılarının elde edildiği deney örnekleri, sırasıyla; 10 x 30 mm, 8 x 35 mm, 10 x 40 mm ve 10 x 30 mm ölçülerindeki kavelalarla üretilen örneklerde elde edilmiştir. Ayrıca 8 x 30 ve 8 x 40 mm ölçülerindeki kavelalarla birleştirilen deney

örneklerinde ise en düşük rijitlik katsayısı değerleri elde edilmiştir. Malzeme x kavela çapı x kavela boyu üçlü etkileşiminin, H-tipi deney örneklerinin rijitlik katsayısı değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların karşılaştırılması Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Kavela çapı x kavela boyu ikili etkileşimi sonuçları

Malzeme x Kavela Çapı x Kavela boyu	Rijitlik Katsayısı (N/mm)	
	X	HG
18 mm MDF x 10 x 30 mm	703.197	A
18 mm MDF x 10 x 35 mm	645.889	AB
18 mm MDF x 8 x 35 mm	632.683	ABC
18 mm MDF x 8 x 30 mm	629.598	ABC
18 mm MDF x 8 x 40 mm	628.050	ABC
18 mm YL x 10 x 40 mm	614.274	BC
18 mm YL x 10 x 30 mm	606.310	BC
18 mm MDF x 10 x 40 mm	598.511	BC
18 mm YL x 8 x 30 mm	587.272	BC
18 mm YL x 10 x 35 mm	575.371	BCD
18 mm YL x 8 x 40 mm	573.676	BCD
18 mm YL x 8 x 35 mm	569.727	CDE
16 mm YL x 8 x 35 mm	566.801	CDEF
16 mm MDF x 8 x 40 mm	510.250	DEFG
16 mm MDF x 10 x 40 mm	509.957	DEFG
16 mm MDF x 10 x 35 mm	496.773	EFG
16 mm YL x 10 x 30 mm	493.363	FG
16 mm MDF x 8 x 35 mm	488.929	G
16 mm MDF x 10 x 30 mm	484.440	G
16 mm YL x 10 x 40 mm	454.828	GH
16 mm YL x 10 x 35 mm	437.653	GH
16 mm YL x 8 x 30 mm	435.677	GH
16 mm MDF x 8 x 30 mm	403.442	H
16 mm YL x 8 x 40 mm	388.527	H

En yüksek rijitlik katsayısı, 18 mm MDF ve 10 mm çapında, 30 veya 35 mm uzunluğunda kavelalar kullanılan örneklerden elde edilirken en düşük rijitlik katsayısı ise 16 mm YL ve 8 mm çapında, 30 veya 40 mm uzunluğunda kavelalar kullanılan örneklerden elde edilmiştir.

Mevcut çalışmadan elde edilen bulgular, literatürdeki araştırmalarla büyük ölçüde uyumludur. Jivkov ve ark. (2010) çalışmalarında, MDF’nin yonga levhaya göre daha yüksek rijitlik sağladığını ve bağlantı elemanlarının (kavela çapı ve boyu gibi) birleşim performansı üzerinde belirleyici rol oynadıklarını vurgulamışlardır. Özellikle, “daha kalın ve yoğun yapıları levhalar ile uygun çap ve boydaki kavelaların kullanılması, raf birleşimlerinin dayanımını ve rijitliğini artırmaktadır” ifadesi, bu çalışmadan elde edilen en iyi kombinasyonun 18 mm MDF ve 10 mm çapında, 30-35 mm boyundaki kavelalar ile sağlandığını açıklamaktadır. Tankut ve ark. (2003a) ile Tankut ve ark. (2003b) tarafından yapılan çalışmalarda da,

bağlantı elemanının çap ve boyunun, levha kalınlığı ile orantılı olarak seçilmesinin birleşim performansı açısından kritik olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmalarda, 16 mm YL küçük çaplı ve uzun kavelaların, birleşim bölgesinde yeterli tutunma sağlayamayarak rijitlik kaybına yol açabileceği vurgulanmıştır. Çalışmada, en düşük rijitlik katsayısı değerlerinin 16 mm YL, 8 mm çapında ve 30 veya 40 mm boyundaki kavelalar ile elde edilmesi, literatür bulgularını desteklemektedir. Śmietańska ve Mielczarek (2022) ise, köşe birleşimlerinde bağlantı elemanı ve levha boyutlarının uyumunun, birleşimlerin dayanımı ve rijitliği üzerinde doğrudan etkili olduğunu belirtmişlerdir. Literatürde, bağlantı elemanı ile levha arasında uygun bir oran sağlanmadığında, birleşim performansında düşüş yaşanabileceği ifade edilmiştir (Śmietańska ve Mielczarek 2022). Bu durum, bu çalışmada da açıkça gözlenmektedir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular, literatürde öne çıkan “malzeme kalitesi, kalınlık, kavela çapı ve boyu arasındaki uygun kombinasyonun birleşim performansını maksimize ettiği” yönündeki görüşlerle tamamen uyumludur. Bu durum, mobilya üretiminde malzeme ve bağlantı elemanı seçiminin dikkatlice yapılmasının gerekliliğini bir kez daha ortaya koymaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma sonucundan elde edilen verilerin yorumlanması ve analizi ile ulaşılan sonuçlar aşağıdaki maddeler ile özetlenebilir:

- MDF deney örneklerinde, YL örneklerine göre anlamlı derecede daha yüksek rijitlik değerleri elde edilmiştir. Bu durum, levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin, özellikle yoğunluk ve homojenliğin, raf tipi elemanların rijitlik performansına olumlu katkı sağladığını göstermektedir.
- Burada 18 mm kalınlığındaki levhalar ile üretilen deney örneklerinde 16 mm kalınlığındaki levhalar ile üretilen deney örneklerine göre önemli derecede daha yüksek rijitlik değerleri elde edilmiştir. Buna göre, levha kalınlığının H-tipi

birleştirmelerdeki rafların rijitliği üzerinde önemli bir etkisi vardır.

- Kavela çapı ve kavela boyunun, birleştirmelerin yayılı statik yük altında gösterdikleri rijitlik değerleri üzerindeki etkileri istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.
- Çalışma kapsamında denenen kavelalar içerisinde en iyi rijitlik katsayısı elde edilenler sırasıyla; 10 x 30 mm, 10 x 35 mm ve 8 x 35 mm ölçülerindeki kavelalardır.
- Kavela çapı ve boyu, belirli bir sınırın üzerinde rijitlik üzerinde anlamlı fark yaratmasa da, 10 x 30 mm, 10 x 35 mm ve 8 x 35 mm gibi ölçülerin kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür. Bağlantı elemanı seçiminde, malzeme kalınlığı ve kullanım amacına uygun ölçülere öncelik verilmelidir.

Çalışmadan elde edilen bulgular; kitaplık, mutfak dolabı, elbise dolabı gibi rijitliğin önemli olduğu panel mobilyalarda tasarımcılar ve üreticiler için yol gösterici nitelikte olup bilimsel veriler ışığında daha bilinçli ve işlevsel tasarım kararlarının alınmasına olanak sağlamaktadır. Geleneksel yöntemlerle yapılan “deneme-yanılma” tipi üretim süreçleri yerine, bilimsel verilere dayalı tasarım ve analiz yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu durumda, hem malzemeler daha verimli kullanılacak hem de kullanıcı güvenliği ve memnuniyeti artırılabilecektir. Farklı bağlantı elemanları (vida, eksantrik, yapıştırıcı destekli sistemler vb.) ve yeni nesil kompozit levhalar ile benzer deneysel çalışmalar yapılmalı; ayrıca uzun süreli yükleme, çevresel koşullar ve yorulma davranışı gibi parametreler de araştırılmalıdır. Bu doğrultuda, tasarımın amacına ve fonksiyonuna uygun panel mobilya üretiminin gerçekleştirilmesi mümkün hale gelmekte; bu durum, kullanıcıların yaşam kalitesinin artırılmasına katkı sunmaktadır.

BİLGİLENDİRME

Bu makale, ikinci yazarın yürütücü olduğu TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012205856 başvuru numarası ile desteklenen proje çalışmasından üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- Anonim (2015) Polisan PVAc Tutkal Bilgi Formu.
- Atar M (1994) Mobilya endüstrisinde hareketli ahşap dolap rafların sabit yükler altında sehimleri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Eckelman CA (2003) Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture. Text Book, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, 54-59.
- Efe H (1994) Modern mobilya çerçeve konstrüksiyon tasarımında geleneksel ve alternatif bağlantı tekniklerinin mekanik davranış özellikleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Göktaş O, Özen E, Çolak MA, Günsel U (2004) Ağaç levhalardan yapılan vidalı birleştirmeli rafların yüzeye dik (lateral) yük taşıma performansları. *Teknoloji*, 7(3): 445-453.
- Icha A, Adewole NA, Ededet M (2022) Design, analysis and performance evaluation of a standing wooden shelf using glued laminated panels. *Journal Of Contemporary Research (JOCRES) Research Article*, 1(2):215-225.
- Jivkov V, Yordanov Y, Marinova A (2010) Processing technologies for the forest and biobased products industries. Salszburg Üniversitesi, Kuchl Austria PTF BPI.
- Kholil M (2024) Reducing wall shelf product defects using the dmaic method in furniture industry companies. *International Journal of Scientific and Academic Research*, 04(06):08-16.
- Madriz C (1997) Cost and strength analysis of corner joints constructed with different fasteners used in the kitchen cabinet industry. Msc Thesis, Purdue University, Indiana USA.
- Ozarska B, Harris G (2007) Effect of cyclic humidity on creep behaviour of wood-based furniture panels. *Electronic Journal Of Polish Agricultural Universities*, 10:1-10.
- Śmietańska K, Mielczarek M (2022) Strength properties of furniture corner joints constructed with different wooden connectors and wood-based materials. *Annals of WULS, Forestry and Wood Technology*, 118:55-66.
- Tankut ND, Tankut A, Eckelman CA, Gibson H (2003a) Improving the deflection characteristics of shelves and side walls in panel-based cabinet furniture. *Forest Products Society Journal*, 53 (10):56-64.
- Tankut A, Tankut ND, Gibson H, Eckelman CA (2003b) Design and testing of bookcase frames constructed with round mortise and tenon joints. *Forest Products Society Journal*, 53 (10):80-86.
- TS 3891 (1983) Yapıştırıcılar-Polivinil asetat esaslı emülsiyon (ahşap malzeme için). T.S.E. Ankara.
- TS 9215 (1991) Ahşap Mobilya Mukavemet ve denge deneyleri. T.S.E. Ankara.
- TS EN 322 (1999) Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini. T.S.E. Ankara.
- TS EN 323 (1999) Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlığının Tayini. T.S.E. Ankara.

Wood Type Classification Based on Hybrid Feature Integration with Optimized Bagging Ensemble Approach

Optimizasyonlu Bagging Ensemble Yaklaşımıyla Hibrit Özellik Entegrasyonuna Dayalı Ahşap Türü Sınıflandırması

Kenan KILIÇ^{1*} 

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat Meslek Yüksekokulu Tasarım Bölümü, İç Mekân Tasarımı Programı, Yozgat

Eser bilgisi/Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1710232](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1710232)

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Kenan KILIÇ

e-mail: kenan.kilic@bozok.edu.tr

Geliş tarihi / Received

30.05.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

18.08.2025

Kabul tarihi / Accepted

19.08.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Keywords:

Artificial intelligence

Machine learning

Wood classification

Mobile imaging

Image processing

Anahtar kelimeler:

Yapay zekâ

Makine öğrenmesi

Ahşap sınıflandırma

Mobil görüntüleme

Görüntü işleme

Abstract

Images of oak (*Quercus petrea* L.), chestnut (*Castanea sativa* M.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) tree species, which are widely used in Türkiye and around the world, were obtained in this study using mobile devices. The primary objective of this study is to automatically and reliably distinguish these wood species using image processing techniques and statistical classification methods, thereby enabling tree species identification at the genus level. In this context, colour and edge-based features such as HSV (Hue, Saturation, Value), LAB (Lightness, A (green–red), B (blue–yellow)), LBP (Local Binary Pattern) and Sobel (Sobel Edge Detection Operator) were extracted from the images. These features were evaluated using Random Forest, XGBoost, CatBoost, and Extra Trees algorithms to test classification performance. The experimental results show that colour-based features such as HSV and LAB achieved 97.5% accuracy with the Extra trees algorithm, while 100% accuracy was achieved with an optimisation-based bagging ensemble approach using all features together. Achieving such high accuracy on real-world data collected in the field using mobile devices demonstrates that the proposed method can be used as a reliable species identification tool in practical applications.

Özet

Türkiye’de ve dünyada yaygın olarak kullanılan meşe (*Quercus petrea* L.), kestane (*Castanea sativa* M.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaç türlerine ait görüntüler bu çalışmada mobil cihaz kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmanın temel amacı, bu ahşap türlerini görüntü işleme teknikleri ve istatistiksel sınıflandırma yöntemleri aracılığıyla otomatik ve güvenilir şekilde ayırt ederek ağaç türü tespitini cins bazında gerçekleştirmektir. Bu doğrultuda, görüntülerden HSV (Hue, Saturation, Value), LAB (Lightness, A (green–red), B (blue–yellow)), LBP (Local Binary Pattern) ve Sobel (Sobel Edge Detection Operator) gibi renk ve kenar tabanlı özellikler çıkarılmıştır. Elde edilen bu özellikler, Random Forest, XGBoost, CatBoost ve Extra trees algoritmalarıyla değerlendirilerek sınıflandırma başarıları test edilmiştir. Deneysel sonuçlar, özellikle HSV ve LAB gibi renk tabanlı özelliklerin Extra trees algoritmasıyla %97.5 doğruluk sağladığını; tüm özelliklerin birlikte kullanıldığı, optimizasyon temelli bagging ensemble yaklaşımıyla ise %100 doğruluk elde edilmiştir. Mobil cihazlarla sahada toplanan gerçek dünya verileri üzerinde bu derece yüksek doğrulukların elde edilmesi, önerilen yöntemin pratik uygulamalarda güvenilir bir tür tespit aracı olarak kullanılabilceğini göstermektedir.

INTRODUCTION

The importance of wood classification and identification extends far beyond illicit trade and ecological problems. Wood identification is crucial to the woodworking industry, forest industry, civil engineering, criminology, art history, archaeology, ethnography, restoration, conservation, and many other disciplines (Silva et al. 2022). Its sustainability and widespread availability in nature, combined with advances in material science and technology, are increasing the use of wood in different application areas. It possesses numerous natural advantages, including high strength, low density, low cost, and high aesthetic appeal. Wood is also the subject

of scientific research for its multifunctional purposes, such as enhanced strength properties, sound absorption, thermal insulation, translucency, energy and electromagnetic shielding, and storage (Chen et al. 2020). These scientific advances have led to the widespread use and preference of wood in many areas, including automotive, construction, packaging, and more. Wood's versatility stems from its unique properties, both its natural structural diversity and its workability, which allow it to be used in a wide variety of engineering and industrial applications (Feng et al. 2024).

The development of computer technology is rapidly evolving and growing. Artificial intelligence, particularly machine learning and computer vision, which includes image processing, is making a wide range of contributions to various areas of life and industry (Pratondo et al. 2014, Pratondo et al. 2020). Wood identification is a crucial requirement for many forest and woodworking industries. It can aid in quality control across all production processes and eliminate uncertainty. It also has the potential to stop fraud in the wood trade. Computer vision has simplified and accelerated the process of identifying unusual woods. However, traditional methods remain important because they often provide greater convenience and efficiency, especially for typical commercial woods (Venugopal et al. 2024).

Machine learning and artificial neural networks are increasingly used in various areas in wood science and engineering, such as analyzing processes, monitoring the health of the structure, determining material properties, and quality control (Nasir et al. 2019).

Over the past decade, numerous studies (Hu et al. 2015, Ibrahim et al. 2017, Silva et al. 2022) have been developed aiming at automating wood species classification and identification. Many studies utilize macroscopic and microscopic images of wood using traditional pre-designed feature extraction.

Ibrahim et al. (2017) present a methodology for the classification and recognition of 48 tropical wood species. The proposed method consists of a two-level classifier focusing on computational efficiency. First, a fuzzy pre-classifier is used to classify images into four broad categories based on their pore sizes. Second, a support vector machine (SVM) classifier is used to perform the final classification based on the texture characteristics of the Gray Level Aura Matrix and the statistics of the pore distribution. The proposed method achieves 98.9% accuracy on a database of 25 species and 98.5% accuracy on a database of 48 species.

Khalid et al. (2011) developed an automatic wood recognition system to classify tropical wood species. Wood features are extracted using two feature extractors: the Basic Gray Level Aura Matrix (BGLAM)

technique and the Statistical Pore Distribution Characteristics (SPPD) technique. Due to the nonlinearity of tropical wood species separation boundaries, a pre-classification step consisting of K-means clustering and kernel discriminant analysis (KDA) is proposed. Finally, for comparison purposes, the Linear Discriminant Analysis (LDA) classifier and K-Nearest Neighbor (KNN) classifier are applied. The study includes a comparison of the system with and without pre-classification using the KNN classifier and the LDA classifier, and achieves a classification accuracy of 96.99%.

Hu et al. (2015) propose a wood species recognition method based on the bag-of-words concept, combined with scale-invariant feature transformation (SIFT), k-means, and k-means++ clustering algorithms. The authors evaluated the performance of artificial neural network (ANN), SVM, and kNN classifiers, and also compared the proposed descriptor with gray-level co-occurrence matrix (GLCM) and local binary patterns (LBP). The results reported that the proposed method achieves an accuracy of up to 90.2% for a dataset of 28 wood species captured by a camera.

Yadav et al. (2013) evaluated different combinations of Gabor filters and gray-level co-occurrence matrix (GLCM) feature extractors to classify 25 wood species using microscopic wood images. They reported an accuracy of 92.6% using an artificial neural network (ANN) as the classifier. Rosa da Silva et al. (2017) presented a cross-sectional dataset of 77 different wood species obtained at a standardized 2.5x zoom using microscopic wood images. Local phase quantization (LPQ) was used as the feature extractor, and linear discriminant analysis (LDA) was used to reduce the number of features. In the analysis performed with the kNN classifier, accuracy was 87.42% for species, 88.79% for genus, and 90.46% for family.

In a study conducted by Khalid et al. (2008), they proposed an automatic classification method for 20 different tropical wood species. They used high-pass spatial filtering, contrast enhancement, and histogram equalization to highlight the anatomical features of the woods. They achieved approximately 95% accuracy using

GLCM for feature extraction and ANN as a classifier. Martins et al. (2013) conducted experiments using pre-designed features (LBP and GLCM) with LDA, SVM, and ANN as classifiers for wood species recognition and identification. They introduced a microscopic dataset consisting of 112 species in two groups: 75 hardwood species (broadleaf) and 37 softwood species (conifer). The results reported classification accuracy of 98.6% within groups and up to 86% within species.

The machine learning process generally consists of two primary stages. The first is feature processing, also known as feature extraction. In this stage, meaningful and distinctive features are extracted from the input images. The second stage is classification. In this stage, the model is trained using the extracted features, and new images are classified. However, there is a step before image processing (Silva et al. 2022). Preprocessing aims to transform the image into data that a specific algorithm can use to extract the necessary features, thereby reducing computational confusion and simplifying subsequent processing (Kour et al. 2013). Splitting the dataset into training, validation, and test subsets is a critical step for accurately assessing the model's generalization ability. This process is not preprocessing but rather part of the model evaluation process. Data splitting is used to create a training set, a validation set, and a test set for later evaluation of model performance (Silva et al. 2022).

Once the extracted features are learned, a classification model is generated by a classifier, and a test set is created to evaluate the system's learning. Images are then input, allowing the classification model to complete the identification by feeding back the predicted classes of each image (Hwang and Sugiyama 2021). Machine learning generally selects the types of features to extract, in many cases, texture and local features (Silva et al. 2022).

In this study, macroscopic images of oak, chestnut, and Scots pine, which are frequently used in the forest industry and wood construction applications, were obtained using a mobile device. Feature extraction from the obtained images was performed using LBP, Sobel, HSV, and LAB feature extractors. Classification was then performed using optimized classification algorithms such as Random Forest, CatBoost, XGBoost, and ExtraTrees. Within the scope of the research, a hybrid feature integration-based wood species identification method was developed using a newly developed optimized bagging ensemble approach for high-accuracy wood species identification and classification.

MATERIALS AND METHODS

Data Set

The oak (*Quercus petraea* L.), chestnut (*Castanea sativa* M.), and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) samples used in this study were obtained from local lumber dealers in the Siteler district of Ankara. Species identification was carried out by expert woodworking engineers based on macroscopic anatomical features described in the literature. To ensure the smoothness of the wood surfaces, sanding was performed manually with 400-grit sandpaper. Photographs were taken in JPG format from a fixed distance of 15 cm, in the same lighting and room environment, with a 12-megapixel, f/1.8 aperture iPhone SE 2020 mobile device used in daily life. A total of 120 photographs were obtained, 40 from each tree species.

Before machine learning, the photographs were resized to 300×300 pixels in Jupyter Notebook using the Python programming language in the Anaconda environment, and the raw dataset was created (Kluyver et al. 2016). Wood samples were prepared from various orientations, including radial and tangential sections, to represent the tree's anatomical structure. This allowed the displayed samples to be analyzed from various angles, reflecting the wood's multifaceted characteristics. Images of the dataset are shown in Figure 1.

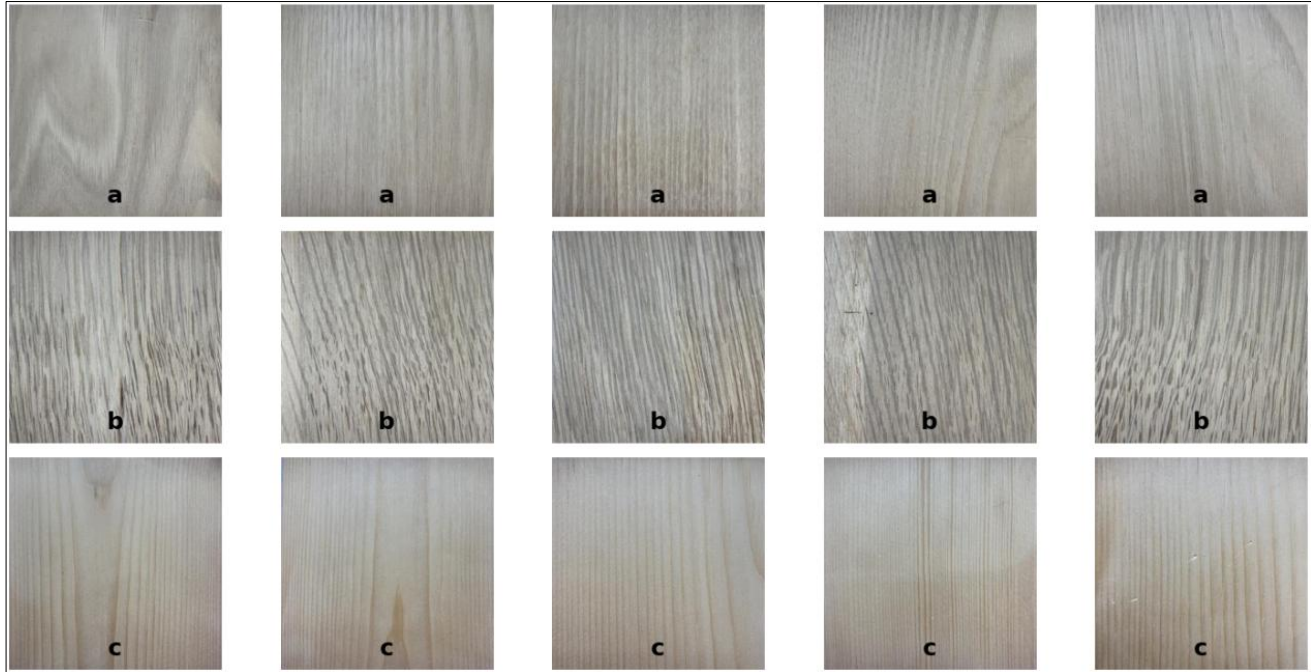


Figure 1. Images of the dataset: (a) Chestnut, (b) Oak, (c) Scots pine

Method

Feature Extraction

The goal is to provide more effective decision-making with low-dimensional data by representing the image with the fewest but most meaningful values. The classification success of algorithms depends on the quality and significance of the extracted features. Geometric, texture, statistical, and color-based features are widely used in the classification of wood species (Mutlag et al. 2020). Additionally, there are different classification approaches that include color, density,

texture, human, fingerprint, conceptual, and textual features (Salau and Jain 2009). Extensive studies on texture features are also available in the literature (Humeau-Heurtier 2019).

In this research, Local Binary Pattern (LBP), Sobel, HSV, and LAB color spaces were used to extract features from images. LBP is a grayscale-independent texture analysis method and produces binary patterns consisting of 1s and 0s by comparing the center pixel with neighboring pixels (Ojala et al. 2002). A total of 10 features were extracted with this method, and an example image obtained with the LBP method is presented in Figure 2.

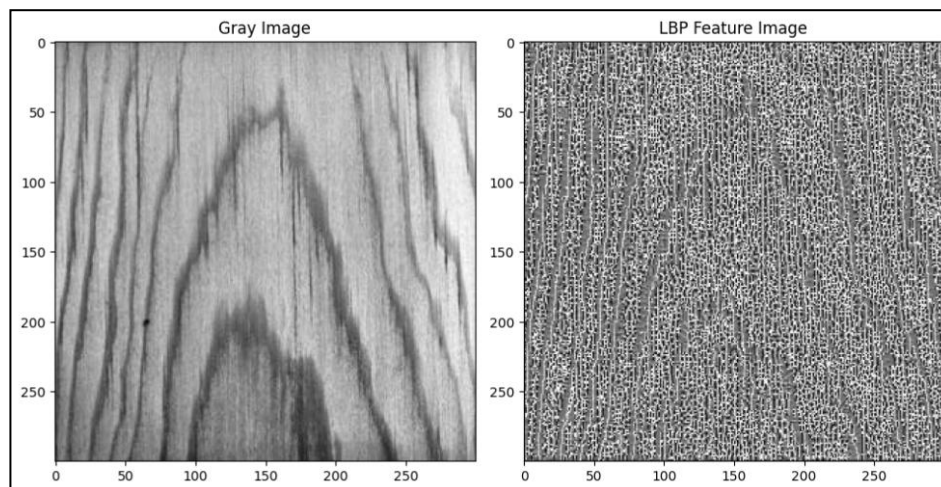


Figure 2. Sample image obtained with LBP feature extraction

Sobel filtering is a filtering method used for edge detection. It determines the direction and intensity of edges by calculating pixel intensity gradients in an image

(Szeliski 2022). In this study, nine features were extracted using the Sobel operator, and the resulting sample image and orientation histogram are shown in Figure 3.

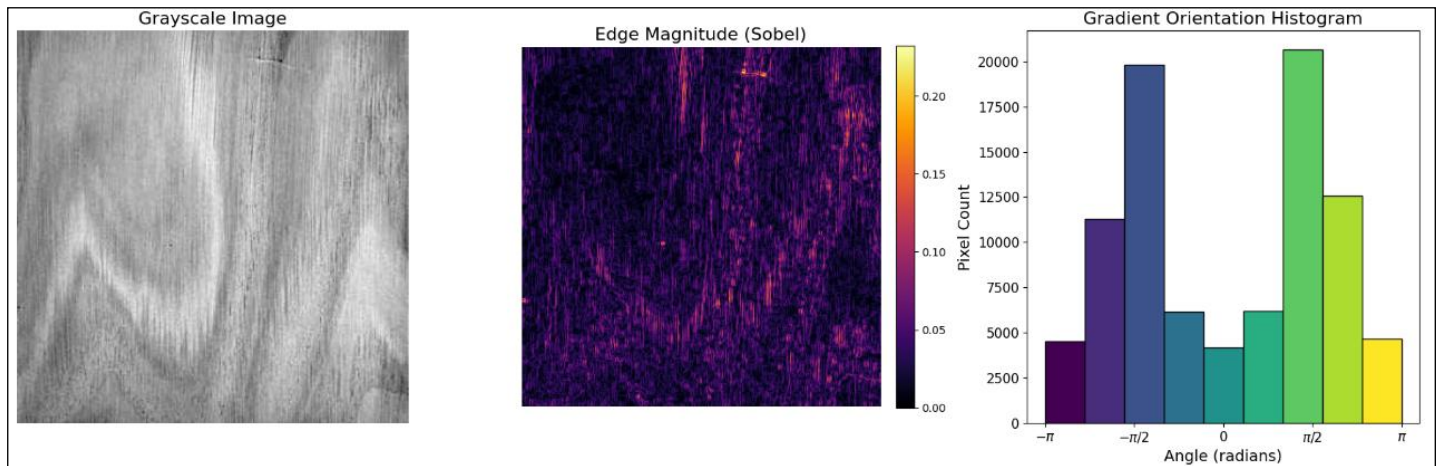


Figure 3. Example image and orientation histogram of the Sobel feature extraction

The HSV (Hue, Saturation, Value) color space is a model that expresses colors more closely to human perception. Hue (H) represents the hue of a color, Saturation (S) represents its saturation, and Value (V) represents its

brightness (Ryszard 2007, Sudhir and Baboo 2011). In this study, 12 features were extracted using HSV, and a sample image is shown in Figure 4.

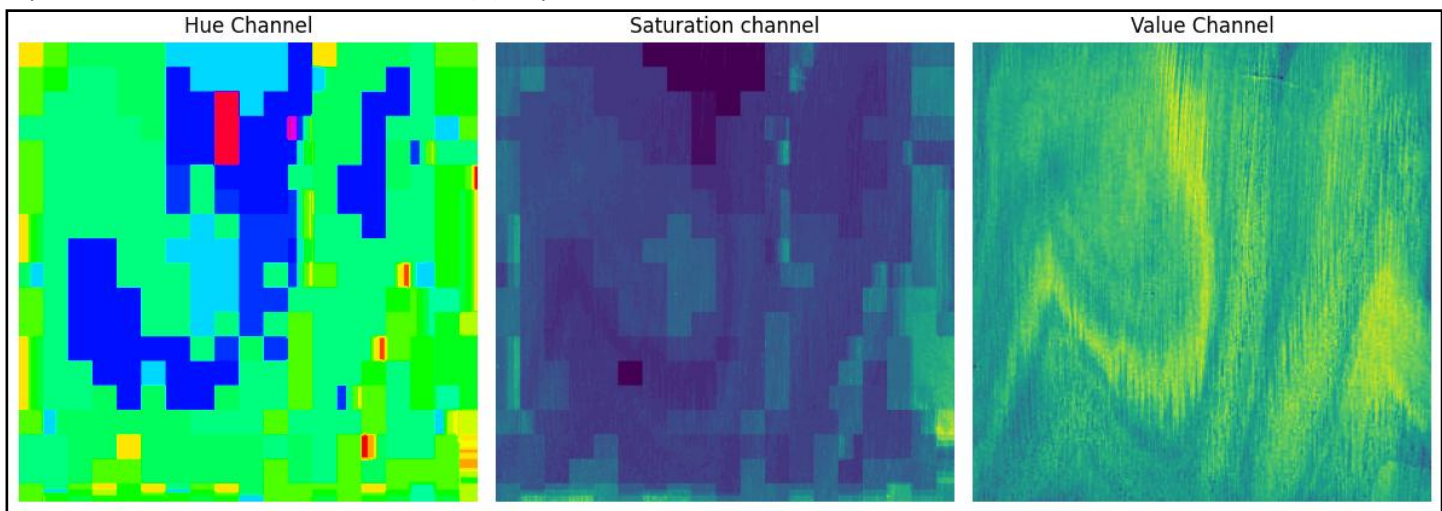


Figure 4. Example image of feature extraction with HSV

LAB, the CIE Lab* color space, is a model developed by the International Commission on Illumination (CIE) to better reflect the human eye's color perception. L* represents brightness (0 black - 100 white), a* represents the green-red axis, and b* represents the blue-yellow axis (Margulis 2005).

In this study, 12 features were extracted using LAB, and a sample image is shown in Figure 5.

Feature extraction methods and parameters used in the study are presented in Table 1.

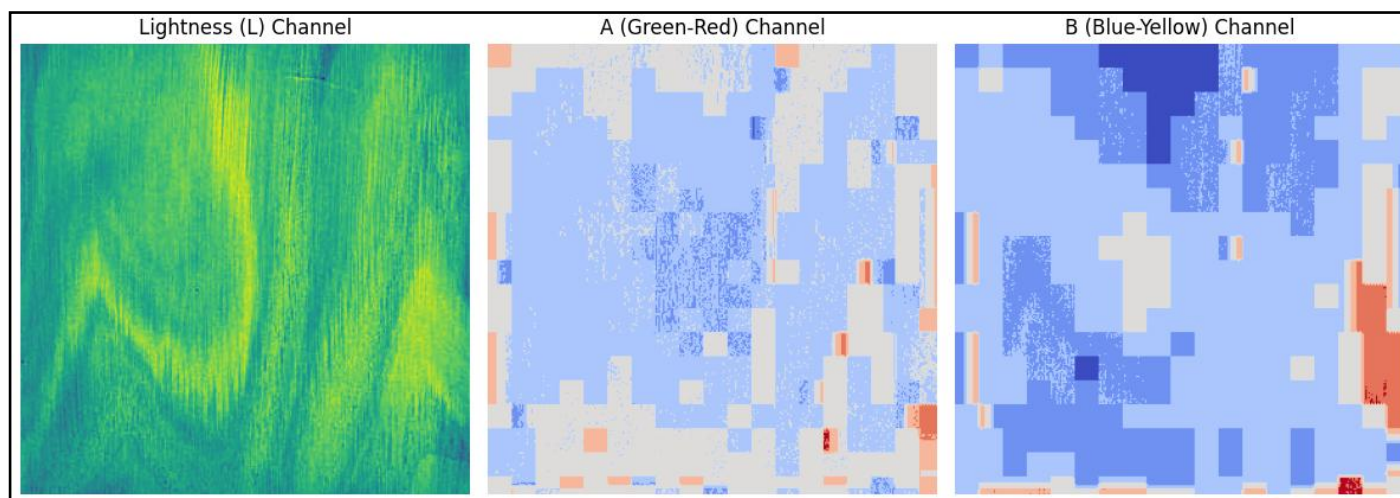


Figure 5. Example image of feature extraction with Lab

Table 1. Feature extraction methods and parameters used in the study

Method	Number of features	Parameters Used	Parameters Used	Description
Sobel	9	dx=1, dy=0 ve dx=0, dy=1 + statistical summaries	Gradient statistics (mean, std, min, max)	It numerically summarizes the gradient magnitudes in the image according to the edge directions.
HSV	12	HSV color space (H, S, V)	Channel-based statistics (mean, std, min, max)	4 features (12 in total) were extracted for each of the 3 channels containing color information.
LAB	12	LAB color space (L, A, B)	Channel-based statistics (mean, std, min, max)	Color representation close to human perception is represented with statistical summaries for each channel.
LBP	10	radius=1, n_points=8, method='uniform'	Texture histogram feature	A 10-dimensional LBP histogram representing the image texture was extracted.

Classical Machine Learning Classification Algorithms

Within the scope of the research, four different algorithms, namely Random Forest, XGBoost, CatBoost, and Extra Trees, were used for classification.

Random Forest is one of the ensemble learning methods that combines decision trees. It is robust against overfitting, can work with incomplete data, and offers high accuracy; however, it is difficult to interpret and has high computational costs on large datasets (Breiman 2001).

XGBoost is an optimized version of the Gradient Boosting algorithm and operates quickly and with low memory usage on large and complex datasets; however, its parameter settings are complex and the risk of overfitting is high (Chen and Guestrin 2016).

CatBoost is a gradient boosting library that can work effectively with categorical data. It stands out with its fast training, low risk of overfitting, and strong performance. However, because it is newer than other methods, its resource support may be limited (Prokhorenkova et al. 2018).

Extra Trees is similar to Random Forest but uses higher randomness in feature selection and splitting points. This prevents overfitting, increases generalization, and reduces training time; however, it has lower interpretability (Geurts et al. 2006).

Hyperparameters of all algorithms were optimized with GridSearchCV, and the most suitable parameters were determined using cross-validation. The most suitable parameters for each algorithm were determined using the GridSearchCV method; hyperparameters and their value ranges are presented in Table 2.

Table 2. Hyperparameters and values used in GridSearchCV

Algorithm	Hyperparameter	Values
Random forest	n_estimators	[100, 200, 300]
	max_depth	[None, 10, 20]
	min_samples_split	[2, 5]
	min_samples_leaf	[1, 2, 3]
XGBoost	n_estimators	[100, 200, 300]
	max_depth	[3, 6, 10]
	learning_rate	[0.01, 0.1, 0.2]
	subsample	[0.8, 1.0]
CatBoost	iterations	[100, 200]
	depth	[4, 6, 10]
	learning_rate	[0.01, 0.1]
	l2_leaf_reg	[1, 3]
Extra trees	n_estimators	[100, 200, 300]
	max_depth	[None, 10, 20]
	min_samples_split	[2, 5]
	min_samples_leaf	[1, 2, 3]

The hyperparameter settings of the ensemble learning algorithms used in the study are shown. The number of trees, depth, and node splitting criteria were optimized for the Random Forest and Extra Trees models, while the number of iterations, depth, learning rate, and regularization parameters were optimized for the XGBoost and CatBoost models. These settings were determined using the GridSearchCV method to improve model performance and prevent overfitting.

Experimental Setup

In this research, four different image feature extraction methods and four different classifiers were used to classify wood species commonly used in our country. The experiments were conducted on the Kaggle platform. Kaggle is a cloud-based data science environment that enables effective analysis of large data sets thanks to the computational power provided by CPU and GPU resources (URL-1).

The dataset contains images of three different wood types: chestnut, oak, and pine. Various feature extraction methods were applied to each image. These methods included LBP, Sobel, statistical features in the HSV color space, and basic statistics in the LAB color space. Each feature extraction method was tested with different classification algorithms.

The GridSearchCV method was used to improve the performance of classification models and identify the most appropriate hyperparameter combinations. Grid Search is a method that systematically scans all possible combinations within specified parameter ranges to select the parameter set that yields the best accuracy. These experiments increase the experiment time because each combination is tested separately. This helps minimize problems such as overfitting or underfitting of the model.

To more reliably assess the model's overall performance, a 5-fold cross-validation method was applied. This method divided the dataset into five equal parts, one of which served as test data and the remaining four as training data. This allowed the model to be tested on different subsets of data, yielding more robust results regarding its generalization ability.

This two-stage approach ensured that the model was trained with optimal parameters and showed consistent performance on different data subsets, thus contributing to the reliability of the study.

All experiments were conducted in the cloud using a Kaggle kernel. The performance of this processor enabled the research to be completed quickly and efficiently. At the end of the experiments, the performance of each method and classifier combination was evaluated using metrics such as accuracy, precision, sensitivity, and F1 scores. These results were compared to determine the

most suitable methods for classifying wood species. Furthermore, a hybrid feature method was developed using an optimized bagging ensemble approach to achieve high-accuracy classification.

Evaluation Metrics

In this research article, the commonly used metrics F1-Score, Accuracy, Precision, and Sensitivity are used to

evaluate the performance of machine learning classification algorithms. The values of True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP), and False Negative (FN) used in calculating these metrics are obtained from the confusion matrix generated by the outputs of the classification model. An example of the confusion matrix is given in Table 3. The formulas for these metrics are given in Equations (1-4).

Table 3. Example of a confusion matrix

	Predict Class 1	Predict Class 2	Predict Class 3
Actual Class 1	TP ₁	FP	FP
Actual Class 2	FP	TP ₂	FP
Actual Class 3	FP	FP	TP ₃

$$F1\text{-Score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \tag{1}$$

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \tag{2}$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \tag{3}$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \tag{4}$$

RESULTS

The performances of LBP, HSV, LAB, Sobel, and Hybrid Feature extraction and machine learning classification

algorithms are given in Tables 4, 5, 6, 7, and 8, respectively.

Table 4. Performance of LBP feature extraction and machine learning classification algorithms

Feature, Algorithms	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy
LBP Random Forest	0.9195	0.9167	0.9172	0.9167
LBP XGBoost	0.9083	0.9083	0.9083	0.9083
LBP CatBoost	0.9099	0.9083	0.9088	0.9083
LBP Extra trees	0.9349	0.9333	0.9337	0.9333

Table 4 presents the performance comparison of four different machine learning algorithms trained with LBP features. Extra trees demonstrated consistent performance, achieving the highest precision values of 0.9349, sensitivity of 0.9333, F1-score of 0.9337, and accuracy of 0.9333. The Random Forest algorithm also produced results similar to Extra Trees, but was slightly inferior in all metrics. The XGBoost and CatBoost

algorithms performed almost similarly. However, these two models also lagged behind Extra Trees and Random Forest. Tree methods, especially the Extra Trees algorithm, were more effective in LBP-based classification. Algorithms such as XGBoost and CatBoost, however, failed to provide the expected advantage on this dataset.

Table 5. Performance of HSV feature extraction and machine learning classification algorithms

Feature, Algorithms	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy
HSV Random Forest	0.9500	0.9500	0.9500	0.9500
HSV XGBoost	0.9415	0.9417	0.9420	0.9417
HSV CatBoost	0.9500	0.9500	0.9500	0.9500
HSV Extra trees	0.9752	0.9750	0.9750	0.9750

When Table 5 is examined, the Random Forest and CatBoost algorithms in feature extraction with HSV achieve very similar results across all metrics, with a performance of 0.9500. XGBoost performed slightly lower compared to the other models. For metrics such as precision, sensitivity, and F1-score, results of 0.9415, 0.9417, and 0.9420 were obtained, respectively. While these results indicate that XGBoost has slightly lower classification accuracy than the other algorithms, they are still quite satisfactory and generally acceptable.

In particular, the Extra Trees algorithm demonstrated the highest performance across all metrics. It achieved a value of 0.9750 in all four key evaluation metrics: precision, sensitivity, F1-score, and accuracy. This result demonstrates that the Extra Trees algorithm achieved very high accuracy and balance in the classification task, and the model made highly effective predictions for both classes.

Table 6. Performance of LAB feature extraction and machine learning classification algorithms

Feature, Algorithms	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy
LAB Random Forest	0.9425	0.9517	0.9420	0.9417
LAB XGBoost	0.9341	0.9333	0.9336	0.9333
LAB CatBoost	0.9167	0.9167	0.9167	0.9167
LAB Extra trees	0.9756	0.9750	0.9750	0.9750

Table 6 shows that the Extra Trees algorithm demonstrates the best performance in LAB feature extraction, achieving the highest values across all metrics. Precision, sensitivity, F1-score, and accuracy values are 0.9756, 0.9750, 0.9750, and 0.9750, respectively. This demonstrates that the model is quite stable and performs classifications with high accuracy.

Looking at the other algorithms, Random Forest performs very closely, achieving strong results for precision 0.9425 and sensitivity 0.9517, but lags behind Extra Trees in terms of F1-score and accuracy. XGBoost performs less well with metrics around 0.9333. CatBoost achieves the lowest results, maintaining a consistent performance of 0.9167 across all four metrics.

Table 7. Performance of the Sobel feature extraction and machine learning classification algorithms

Feature, Algorithms	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy
Sobel Random Forest	0.7347	0.7417	0.7334	0.7417
Sobel XGBoost	0.7252	0.7333	0.7256	0.7333
Sobel CatBoost	0.7918	0.7750	0.7559	0.7750
Sobel Extra trees	0.8138	0.8000	0.7922	0.8000

Table 7 shows that the Extra Trees algorithm performed best in all metrics for Sobel feature extraction, achieving the best results in terms of precision 0.8138, sensitivity 0.8000, F1-score 0.7922, and accuracy 0.8000.

CatBoost also demonstrated strong performance, achieving high results with precision of 0.7918 and a sensitivity 0.7750, but slightly lower performance than Extra Trees. Random Forest and XGBoost performed worse, achieving lower values for precision and sensitivity, 0.7347 and 0.7252, respectively.

Table 8. Performance of hybrid feature extraction and machine learning classification algorithms

Feature, Algorithms	Precision	Recall	F1-Score	Accuracy
Hibrit Random Forest	0.9754	0.9750	0.9751	0.9750
Hibrit XGBoost	0.9630	0.9583	0.9589	0.9583
Hibrit CatBoost	0.9833	0.9833	0.9833	0.9833
Hibrit Extra trees	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Table 8 shows the performance evaluation of the method developed for this research, based on hybrid feature integration with the optimized bagging ensemble approach, at 100% accuracy. The Extra Trees algorithm achieves excellent results across all metrics, reaching 1.0000 for precision, sensitivity, F1-score, and accuracy. This indicates that the model achieves full accuracy for both true positive and true negative predictions, achieving an excellent balance without overfitting. The CatBoost algorithm also demonstrates strong performance, reaching 0.9833 for all metrics. Random Forest, on the other hand, achieves high results for precision 0.9754, sensitivity 0.9750, and F1-score 0.9751,

but performs slightly lower compared to CatBoost and Extra Trees. Finally, XGBoost lags behind the other algorithms, achieving slightly lower results in metrics such as precision 0.9630 and sensitivity 0.9583. Extra Trees achieved the highest performance in all metrics, while CatBoost and Random Forest achieved very similar results, with XGBoost showing slightly lower performance than the others.

The confusion matrices of LBP, HSV, LAB, Sobel feature extraction, and Random Forest, XGBoost, CatBoost, and Extra Trees machine learning classification algorithms are given in Tables 9, 10, 11, 12, and 13, respectively.

Table 9. Confusion matrix of LBP feature extraction and classification algorithms

Feature, Algorithms	Actual/Predict	Chestnut	Oak	Scots pine
LBP Random Forest	Chestnut	36	1	3
	Oak	0	37	3
	Scots pine	1	2	37
LBP XGBoost	Chestnut	37	0	3
	Oak	1	37	2
	Scots pine	2	3	35
LBP CatBoost	Chestnut	37	0	3
	Oak	0	37	3
	Scots pine	1	4	35
LBP Extra Trees	Chestnut	38	0	2
	Oak	0	37	3
	Scots pine	2	1	37

When Table 9 is examined, all algorithms were able to distinguish wood species with high accuracy. The Extra Trees algorithm, in particular, achieved the most success with 38 correct classifications for chestnut. All models achieved a similar level of success with 37 correct predictions for oak. Some minor misclassifications were observed for Scots pine; particularly in the CatBoost and XGBoost models, Scots pine samples were occasionally classified as oak or chestnut. This suggests that visual or textural similarities between species complicate model decisions .

An examination of Table 10 shows that classification algorithms trained with features based on the HSV color space demonstrate very high performance. The Extra Trees algorithm stands out as the most successful model, with 38 correct classifications for Chestnut, 39 for Oak, and 40 for Scots pine. Other algorithms also demonstrated similarly high accuracy. For example, Random Forest achieved 37 correct classifications for Chestnut, 38 for Oak, and 39 for Scots pine. While there were minor deviations in the CatBoost and XGBoost models, the overall success rate was high. Scots pine, in,

particular, was largely accurately classified by all algorithms, demonstrating the high effectiveness of HSV-based features in distinguishing wood species.

Table 10. Confusion matrix of HSV feature extraction and classification algorithms

Feature, Algorithms	Actual/Predict	Chestnut	Oak	Scots pine
HSV Random Forest	Chestnut	37	2	1
	Oak	2	38	0
	Scots pine	1	0	39
HSV XGBoost	Chestnut	37	3	0
	Oak	3	37	0
	Scots pine	1	0	39
HSV CatBoost	Chestnut	37	2	1
	Oak	2	38	0
	Scots pine	1	0	39
HSV Extra Trees	Chestnut	38	2	0
	Oak	1	39	0
	Scots pine	0	0	40

An examination of Table 11 shows that the classification algorithms trained with features obtained using the LAB color space generally yielded successful results. All models classified Scots pine quite accurately, each with 39 correct classifications and only one error. For Chestnut, the CatBoost and Extra trees algorithms performed best; both made 38 correct classifications. In

contrast, the XGBoost algorithm performed slightly worse on Chestnut, with 36 correct predictions and 4 incorrect predictions. For Oak, the Extra trees algorithm notably classified all 40 examples correctly, without any errors. The other algorithms experienced between 1 and 3 incorrect classification.

Table 11. Confusion of the LAB feature extraction and classification algorithms

Feature, Algorithms	Actual/Predict	Chestnut	Oak	Scots pine
LAB Random Forest	Chestnut	37	3	0
	Oak	3	37	0
	Scots pine	1	0	39
LAB XGBoost	Chestnut	36	4	0
	Oak	3	37	0
	Scots pine	1	0	39
LAB CatBoost	Chestnut	38	2	0
	Oak	2	38	0
	Scots pine	1	0	39
LAB Extra Trees	Chestnut	38	2	0
	Oak	0	40	0
	Scots pine	1	0	39

An examination of Table 12 reveals that the classification accuracy rates using features obtained with the Sobel edge detection method are lower than those of other color-based approaches. Scots pine, in particular, was the class with the highest confusion across all models. For example, the Random Forest algorithm correctly classified only 21 Scots pine samples, confusing 11 with Chestnut and 8 with Oak. For the Chestnut class, the CatBoost and Extra trees algorithms outperformed the

other models with 36 correct predictions. Oak was generally more accurately classified, with the CatBoost algorithm achieving the best performance in this class with 39 correct classifications. While Sobel-based features highlight edge structure, they limit classification accuracy because they fail to adequately reflect distinctive visual features such as color and texture. This appears to lead to misclassifications, particularly in species with high visual similarity.

Table 12. Confusion matrix of Sobel feature extraction and classification algorithms

Feature, Algorithms	Actual/Predict	Chestnut	Oak	Scots pine
Sobel Random Forest	Chestnut	31	0	9
	Oak	2	37	1
	Scots pine	11	8	21
Sobel XGBoost	Chestnut	33	0	7
	Oak	0	35	5
	Scots pine	13	7	20
Sobel CatBoost	Chestnut	36	1	3
	Oak	1	39	0
	Scots pine	14	8	38
Sobel Extra Trees	Chestnut	36	1	3
	Oak	3	37	0
	Scots pine	10	7	23

When all models and feature extraction algorithms are compared, the Extra Trees algorithm achieves a 100% accurate prediction rate in the hybrid feature extraction

and optimized bagging ensemble approach. The average classification report of the Extra Trees algorithm is given in Table 13.

Table 13. Average mean classification report of the Extra Trees algorithm (5K-fold)

	Precision	Recall	F1-Score	Number of Instances
Chestnut	1.0000	1.0000	1.0000	40
Oak	1.0000	1.0000	1.0000	40
Scots pine	1.0000	1.0000	1.0000	40
Accuracy			1.0000	
Macro avg.	1.0000	1.0000	1.0000	120
Weighted avg.	1.0000	1.0000	1.0000	120

The classification report in Table 13 shows that the Extra Trees model performed very well in the optimized bagging ensemble approach, correctly classifying all classes in the test dataset. Each evaluation metric-precision, sensitivity, F1-score, and accuracy ratio-reached its maximum value of 1.0000. This report demonstrates that the Extra Trees model did not make any errors and correctly classified all classes in the proposed optimized bagging ensemble approach.

The confusion matrix of the Extra Trees algorithm for wood classification with hybrid feature integration with an optimized bagging ensemble approach is given in Figure 6, and the ROC curve is given in Figure 7.

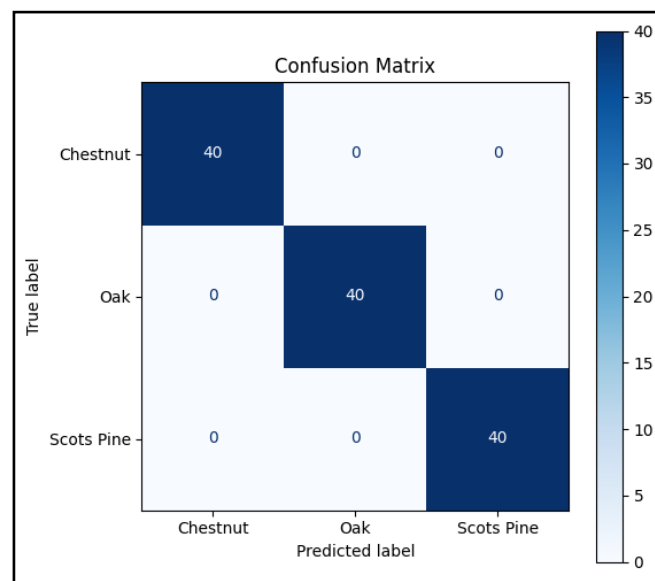


Figure 6. Extra trees confusion matrix of the bagging ensemble approach with optimization

The confusion matrix shows that the proposed method classifies each class perfectly. All 40 samples in the classes Chestnut, Oak, and Scots pine were correctly recognized. The proposed method made no misclassifications. This

result means that the model accurately classified each class with 100% accuracy. This type of performance demonstrates that the method performs very well and correctly distinguishes each class.

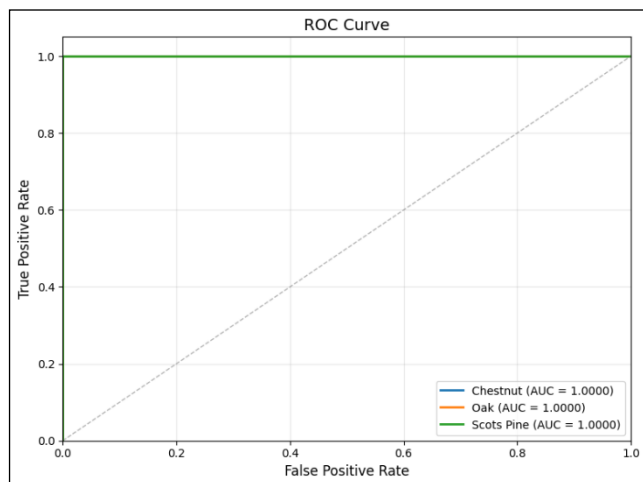


Figure 7. ROC curve of the bagging ensemble approach with optimization, Extra Trees

An AUC=1.0000 and a perfect ROC curve indicate that the model generalizes very well and correctly classifies all classes. This type of result is particularly achievable when there is no discrepancy between the training and test data or when the data is not highly imbalanced. In real-world applications, such excellent results are generally rare on more complex datasets. Consequently, an AUC=1.0000 and a perfect ROC curve indicate that your model performs with excellent accuracy. This indicates that the proposed method is highly reliable.

DISCUSSION

The majority of studies on wood species classification utilize cross-sectional images. This is because cross-sections provide more information about grain structure, pore distribution, and other anatomical features. In this study, a different approach was adopted from traditional approaches by choosing longitudinal and tangential sections. Thanks to the ability of AI-based models to learn patterns and microstructural details in images, high accuracy rates have been achieved from these types of sections. Therefore, the type of section used is not only an alternative approach but also a key factor in enhancing classification success.

The developed hybrid feature integration and optimization-based bagging ensemble approach achieved 100% classification accuracy by combining color-based (HSV, LAB) and texture/edge-based (LBP, Sobel) information. While color features distinguished tonal differences between species, texture and edge information captured the microscopic structure of the surface. The combination of these two types of information produced a much more stable and accurate model than single methods.

When previous studies in the literature are examined, it is seen that high accuracy rates are mostly achieved with cross-sections and single feature extraction methods. For example, Ibrahim et al. (2017) reported 98.9% accuracy with fuzzy pre-classification and SVM approach. Khalid et al. (2011) achieved 96.99% accuracy using KNN and LDA with BGLAM and SPPD features. Hu et al. (2015) achieved 90.2% accuracy with SIFT and k-means-based methods. Yadav et al. (2013) achieved 92.6% accuracy with Gabor filter and GLCM features. The distinguishing feature of this study is that it also surpasses the highest achievements in the literature with longitudinal sections. In particular, the hybrid feature-ensemble approach and the Extra Trees algorithm's 100% accuracy across all metrics stands out as a strong contribution that surpasses existing studies.

Three key elements stand out in the success of this method: (i) feature diversity, i.e., the ability to evaluate color, texture and edge information simultaneously; (ii) the reduction of the risk of overfitting, because the combination of different algorithms and features compensates for the weaknesses of single methods; (iii) applicability, because high accuracy was achieved even on images captured with a mobile device.

However, this high accuracy also has some limitations. The study used only three species (oak, chestnut, and Scots pine) and a limited number of samples. Images were acquired using a single camera model and under similar lighting conditions. Variables such as age, humidity, and surface treatment were not taken into account.

Future studies are recommended to conduct tests with datasets from different geographic regions and with a wider variety of species. Furthermore, performance evaluations should be conducted under different camera types, resolutions, and lighting conditions, and the developed method should be implemented in real-time on industrial production lines. This approach is expected to be widely used in both academic research and industrial applications.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

In this study, we comprehensively investigated the performance of different feature extraction methods (LBP, HSV, LAB, and Sobel) used in wood classification and their comparison with machine learning algorithms such as Random Forest, XGBoost, CatBoost, and Extra Trees. Furthermore, we evaluated the effectiveness of the proposed hybrid feature extraction method based on the optimization-based bagging ensemble approach. The results show that among the single feature extraction methods, the HSV and LAB-based methods stand out with their high accuracy rates. Among these two methods, the Extra Trees algorithm was the most successful model with 97.5% accuracy. In contrast, the Sobel-based feature extraction achieved only 80% accuracy and lagged behind the other methods in classification success.

The most striking finding was obtained with the proposed hybrid feature extraction approach. In this method, the Extra Trees algorithm achieved 100% success across all metrics, resulting in a balanced, stable, and highly reliable model. The CatBoost (98.33%) and Random Forest (97.5%) algorithms also demonstrated high performance in this method. In particular, the Extra Trees algorithm's consistent and high accuracy across all experiments makes it the preferred choice for wood classification and feature extraction studies.

Sobel-based methods have been shown to be limited in their use alone, but they can be beneficial when integrated into more complex hybrid systems. It is anticipated that the developed hybrid approach can be used with high success not only in wood classification but also in similar visual classification problems. Future studies are recommended to test this method on

different types of natural materials and industrial surface classification problems.

REFERENCES

- Breiman L (2001) Random forests. *Machine Learning*, 45:5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Chen C, Kuang Y, Zhu S, Burgert I, Keplinger T, Gong A, Hu L (2020) Structure–property–function relationships of natural and engineered wood. *Nature Reviews Materials*, 5(9):642-666. <https://doi.org/10.1038/s41578-020-0195-z>
- Chen T, Guestrin C (2016) XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. In: Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, pp 785-794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Feng Y, Hao H, Lu H, Chow CL, Lau D (2024) Exploring the development and applications of sustainable natural fiber composites: a review from a nanoscale perspective. *Composites Part B: Engineering*, 111369. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2024.111369>
- Geurts P, Ernst D, Wehenkel L (2006) Extremely randomized trees. *Machine Learning*, 63:3-42. <https://doi.org/10.1007/s10994-006-6226-1>
- Hu S, Li K, Bao X (2015) Wood Species Recognition Based on SIFT Keypoint Histogram. In: 2015 8th International Congress on Image and Signal Processing (CISP), pp 702-706. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CISP.2015.7407968>
- Humeau Heurtier A (2019) Texture feature extraction methods: a survey. *IEEE Access*, 7:8975-9000. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2890743>
- Hwang SW, Sugiyama J (2021) Computer vision-based wood identification and its expansion and contribution potentials in wood science: a review. *Plant Methods*, 17(1):47. <https://doi.org/10.1186/s13007-021-00746-1>
- Ibrahim I, Khairuddin ASM, Abu Talip MS, Arof H, Yusof R (2017) Tree species recognition system based on macroscopic image analysis. *Wood Science and Technology*, 51:431-444. <https://doi.org/10.1007/s00226-016-0859-4>
- Khalid M, Lee ELY, Yusof R, Nadaraj M (2008) Design of an intelligent wood species recognition system. *International Journal of Simulation System, Science and Technology*, 9(3):9-19. <https://doi.org/10.1109/IJA.2011.6130117>
- Khalid M, Yusof R, Khairuddin ASM (2011) Tropical Wood Species Recognition System Based on Multi-Feature Extractors and Classifiers. In: 2011 2nd International Conference on Instrumentation Control and Automation, pp 6-11. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IJA.2011.6130117>
- Kluyver T, Ragan-Kelley B, Pérez F, Granger B, Bussonnier M, Frederic J, Kelley K, Hamrick J, Grout J, Corlay S, Ivanov P, Avila D, Abdalla S, Willing C (2016) Jupyter Notebooks-A Publishing Format for Reproducible Computational Workflows. In: Loizides F, Schmidt B (eds) Positioning and power in academic publishing: Players, agents and agendas, pp 87-90. IOS Press. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-649-1-87>
- Kour A, Yadav VK, Maheshwari V, Prashar D (2013) A review on image processing. *International Journal of Electronics Communication and Computer Engineering*, 4(1):270-275.
- Margulis D (2005) Photoshop LAB Color: The Canyon Conundrum and Other Adventures in the Most Powerful Colorspace. Peachpit Press.

- Martins J, Oliveira LS, Nisgoski S, Sabourin R (2013) A database for automatic classification of forest species. *Machine Vision and Applications*, 24:567-578. <https://doi.org/10.1007/s00138-012-0417-5>
- Mutlag WK, Ali SK, Aydam ZM, Taher BH (2020) Feature extraction methods: a review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1591(1):012028. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1591/1/012028>
- Nasir V, Nourian S, Avramidis S, Cool J (2019) Classification of thermally treated wood using machine learning techniques. *Wood Science and Technology*, 53:275-288. <https://doi.org/10.1007/s00226-018-1073-3>
- Ojala T, Pietikainen M, Maenpaa T (2002) Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(7):971-987. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2002.1017623>
- Pratondo A, Ong SH, Chui CK (2014) Region Growing for Medical Image Segmentation Using a Modified Multiple-Seed Approach on a Multi-Core CPU Computer. In: The 15th International Conference on Biomedical Engineering: ICBME 2013, Singapore, pp 112-115. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02913-9_29
- Pratondo A, Roedavan R, Sujana AP, Rizqyawan MI (2020) Medical image Segmentation Using a Robust Edge-Stop Function with 2x2 Window Patch. In: 2020 IEEE 10th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET), pp 224-227. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSET51301.2020.9265376>
- Prokhorenkova L, Gusev G, Vorobev A, Dorogush AV, Gulin A (2018) CatBoost: Unbiased Boosting with Categorical Features. In: Proceedings of the 32nd International Conference on Neural Information Processing Systems, pp 6639-6649. Curran Associates Inc.
- Rosa da Silva N, De Ridder M, Baetens JM, Van den Bulcke J, Rousseau M, Martinez Bruno O, De Baets B (2017) Automated classification of wood transverse cross-section micro-imagery from 77 commercial Central-African timber species. *Annals of Forest Science*, 74:1-14. <https://doi.org/10.1007/s13595-017-0619-0>
- Ryszard SC (2007) Image feature extraction techniques and their applications for CBIR and biometrics systems. *International Journal of Biology and Biomedical Engineering*, 1(1):6-16.
- Salau AO, Jain S (2019) Feature Extraction: A Survey of the Types, Techniques, Applications. In: 2019 International Conference on Signal Processing and Communication (ICSC), pp 158-164. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSC45622.2019.8938371>
- Silva JL, Bordalo R, Pissarra J, de Palacios P (2022) Computer vision-based wood identification: a review. *Forests*, 13(12):2041. <https://doi.org/10.3390/f13122041>
- Sudhir R, Baboo LDSS (2011) An efficient CBIR technique with YUV color space and texture features. *Computer Engineering and Intelligent Systems*, 2(6):78-85.
- Szeliski R (2022) Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-34372-9>
URL-1 <http://www.kaggle.com/> Erişim tarihi: 21.07.2025.
- Venugopal D, Sandhiya R, Swetha S, Sredhar R, Rohit N (2024) Machine Learning-Based Algorithm for Type of Wood Identification. In: 2024 International Conference on Emerging Research in Computational Science (ICERCS), pp 1-6. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICERCS63125.2024.10895161>
- Yadav AR, Dewal ML, Anand RS, Gupta S (2013) Classification of Hardwood Species Using ANN Classifier. In: 2013 Fourth National Conference on Computer Vision, Pattern Recognition, Image Processing and Graphics (NCVPRIPG), pp 1-5. IEEE. <https://doi.org/10.1109/NCVPRIPG.2013.6776231>

Cittaslow Üyesi Olmanın Sürdürülebilir Yerel Kalkınmaya Etkisi: Şavşat'ta Paydaşların Düşünceleri

Impact of Being a Cittaslow Member on Sustainable Local Development: What Stakeholders Think in the District of Şavşat

Atakan ÖZTÜRK¹, Fatma İPEK², Bekir KAYACAN³

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Merkez, Artvin

²Doğu Karadeniz Kalkınma Ajansı, Artvin Yatırım Destek Ofisi, Merkez, Artvin

³İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, Fatih, İstanbul

Eser bilgisi / Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1704338

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Atakan ÖZTÜRK

e-mail: atakanozturk@artvin.edu.tr

Geliş tarihi / Received

26.05.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

25.08.2025

Kabul tarihi / Accepted

01.09.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Sakin şehir

Sürdürülebilir yerel kalkınma

Şavşat

Derinlemesine görüşme

Keywords:

Cittaslow

Sustainable local development

Şavşat

In-depth interview

Özet

Bu çalışmada paydaş bakış açısıyla Cittaslow (sakin şehir) üyeliğinin Şavşat'ın sürdürülebilir yerel kalkınmasına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ilçedeki 4 paydaş grubundan (mülki ve yerel idare, ticari işletmeler, Şavşat Kadın Derneği ve yöresel ürün pazarıcıları) 33 katılımıyla derinlemesine görüşmeler yapılmış ve görüşmeler MAXQDA 2020 yazılımı ile içerik analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonucunda, katılımcılar tarafından sakin şehir üyeliği kapsamında dile getirilen 524 görüş içerisinde; 9 sosyal, 8 ekonomik ve 9 çevresel etki türü Şavşat'ın sürdürülebilir yerel kalkınmasıyla ilişkilendirilmiştir. Bu görüşlerin çoğunluğu (%94) sakin şehir üyeliğinin ilçenin sürdürülebilir yerel kalkınmasını olumlu yönde etkilediğine ilişkindir. Yine paydaşlar tarafından en fazla öne çıkarılan etki türü ise ekonomik boyut altındaki turizm etkisidir. Ancak Şavşat'ta turizm ve benzeri etkilerin doğuracağı kontrolsüz gelişme konusunda yerel karar vericilerin dikkatli olması gerekmektedir. İlçede sürdürülebilir yerel kalkınmanın sağlanması noktasında sosyal, ekonomik ve çevresel bileşenleri dikkate alan bütüncül bir bakış açısına dayalı planlama ve uygulamalara öncelik verilmesi önem arz etmektedir.

Abstract

The research was aimed to determine the impacts of Cittaslow membership on the sustainable local development of Şavşat from a stakeholder perspective. In-depth interviews were conducted with 33 participants from four different stakeholder groups in the district: local administration, commercial enterprises, Şavşat Women's Association and local product vendors. The interviews were analyzed using content analysis with MAXQDA 2020 software. As a result of the analysis of, 524 opinions expressed by participants regarding the Cittaslow membership, nine type of social impacts, eight types of economic impacts and nine types of environmental impacts were identified as being associated with the sustainable local development of Şavşat. The vast majority of these opinions (94%) indicate that Cittaslow membership positively influences the sustainable local development of Şavşat. The most significant impact, as indicated by the highest number of participant responses, is the tourism impact within the economic dimension. However local decision-makers should be careful about the uncontrolled development in Şavşat that will result from tourism and similar impacts. In order to ensure sustainable local development in the district, it is important to prioritize planning and implementations based on a holistic perspective taking into account economic, ecological and environmental components.

GİRİŞ

İnsanların ihtiyaçlarının karşılanması ve refah seviyelerinin artırılmasına yönelik yürütülen ekonomik faaliyetler, çevre ve ekosistem üzerinde telafisi güç olumsuzlukları (kıtık, kirlilik, biyolojik çeşitlilik kaybı vb.) beraberinde getirmektedir. İnsan yaşamına yönelik tehdit düzeyleri her geçen gün artan bu olumsuzlukları önleme ya da ortadan kaldırma adına sürdürülebilir kalkınma kavramı 1990'lı yıllardan itibaren dünya gündeminde yer almaya başlamıştır.

Ekonomik, sosyal ve çevresel ayaklar üzerine inşa edilen ve insan refahını arttırmayı hedefleyen sürdürülebilir kalkınma, yerelden küresele tüm karar verici ve politika düzenleyicilerinin ilgi alanına girmektedir. Bölgesel ve ulusal düzeydeki sürdürülebilir kalkınmanın yerel düzeydeki karşılığı sürdürülebilir yerel kalkınma (SYK) olarak ifade edilmektedir. Dünya genelinde SYK'yı farklı açılardan destekleyen çeşitli yaklaşımlar söz konusudur. Bu yaklaşımlardan biri de küçük şehirlerde uygulanan ve uygulandığı şehirlerdeki yaşam kalitesini artırmak

amacıyla yerel yaşam tarzına ve değerlerine dayalı, yerel kaynakların ve aktörlerin etkin rol üstlendiği bir kalkınma modeli olan Cittaslow (sakin şehir) hareketidir (Peker Say ve ark. 2015, Öztürk ve ark. 2023).

Temel dayanaklarından biri sürdürülebilirlik olan sakin şehir hareketi, 1999 yılında İtalya'nın Toskana Bölgesindeki küçük bir şehir olan Gereve in Chianti'de dönemin belediye başkanı Paolo Saturnini'nin öncülüğünde başlatılmıştır. Bu harekete sadece nüfusu 50000'nin altında olan şehirler üye olabilmektedir (Cittaslow 2024).

Aday şehirlerin üyelik başvuruları;

- enerji ve çevre politikaları,
- altyapı politikaları,
- kentsel yaşam kalitesi politikaları,
- tarımsal, turistik, esnaf ve sanatkarlara dair politikalar,
- misafirperverlik, farkındalık ve eğitim için planlar,
- sosyal uyum ve
- ortaklıklar

olmak üzere 7 ana başlıkta toplanan 72 ölçüte göre değerlendirilmektedir (Cittaslow 2024).

Sakin şehir üyelik sürecinde esas alınan bahse konu başlıklar ve kriterler incelendiğinde bu yaklaşımın, üye şehirlerdeki SYK'nın sağlanmasına katkı sağladığı (Kartal 2019) bir başka ifadeyle SYK'nın sosyal, ekonomik ve çevresel boyutları ile uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla sakin şehir felsefesinin; temeli sürdürülebilir kalkınmaya dayanan, sürdürülebilir kalkınmanın yerel boyutu olan şehirler ile ilgilenen ve ortaya koyduğu ölçütler vasıtasıyla yerel sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına hizmet eden bir yaklaşım olduğu ifade edilebilir (İpek 2021).

Dünya genelinde sakin şehir üyesi belediyeler Cittaslow Birliği çatısı altında toplanmakta olup, 2024 yılı itibariyle 33 ülkeden 297 belediye bu birliğe üyedir. Türkiye'de ise ilk olarak Seferihisar ile başlayan üyelik sürecinde 25 ilçe belediyesi (Ahlat, Akyaka, Arapgir, Daday, Eğirdir, Finike, Foça, Gerze, Gökçeada, Göynük, Güdül, Halfeti, İznik, Kemaliye, Köyceğiz, Mudurnu, Perşembe, Safranbolu, Şarköy, Şavşat, Seferihisar, Uzundere, Vize, Yalvaç,

Yenipazar) bu birliğin üyesidir (Cittaslow 2024). Bahse konu belediyelerden biri olan Şavşat'ın birliğe üyelik süreci hazırlıkları 2014 yılında başlamış ve üyelik başvurusu bir yıl sonra kabul edilen Şavşat Türkiye'nin onuncu sakin şehir belediyesi olmuştur.

Türkiye'de yerel kalkınmanın gerçekleştirilebileceği en uygun yönetim düzeyi olarak kabul edilen ilçeler (Akça 2006, Demirayak 2014) düzeyinde, gelişmişlik düzeylerinin tespiti amacıyla farklı yıllarda sosyo-ekonomik gelişmişlik araştırmaları gerçekleştirilmiştir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı [STB] 2024). İlçelerin yerel kalkınma politikalarının belirlenmesi, uygulanması ve izlenmesi açısından önem arz eden bu araştırmalar incelendiğinde, Türkiye'de sakin şehir üyesi ilçelerin gelişmişlik açısından homojen bir yapıda olmadığı, bir başka ifadeyle gelişmişlik düzeyleri arasında çok büyük farklar olduğu görülmektedir. Örneğin Yılmaz ve ark. (2019) tarafından yapılan sosyo-ekonomik gelişmişlik endeksi (SEGE) sıralaması araştırmasına göre, Türkiye'de 2017 yılında sakin şehir üyesi olan 18 ilçenin 970 ilçe arasındaki sıralaması 87 ile 883 arasında değişiklik göstermiştir.

Son yıllarda Türkiye'de farklı sosyo-ekonomik özelliklere sahip sakin şehir üyesi ilçeler özelinde bu ilçelerin sakin şehir hareketi ile olan ilişkisini farklı açılardan (sürdürülebilirlik, kentleşme, mimari, turizm, kırsal kalkınma ve yerel kalkınma etkileşimi vb.) ele alan çalışmaların sayısında belirgin bir artış söz konusudur (Öztürk ve Kayacan 2021). Ancak bu çalışmaların çoğunda (Akman ve ark. 2013, Yalçın ve Yalçın 2013, Şahin ve Kutlu 2014, Hatipoğlu 2015, Hekimci 2015, Yılmaz ve ark. 2016, Çiçek 2017, Türk ve Tokmak 2017, Kartal 2019) sakin şehir üyeliğinin ilçelerin SYK'sına olan etkilerinin sadece teorik olarak ya da belli bir kalkınma boyutu özelinde ele alındığı görülmektedir. Buna karşılık sakin şehir üyeliğinin SYK'ya olan etkilerini paydaş bakış açısıyla ve sürdürülebilir kalkınma boyutları (sosyal, ekonomik ve çevresel) itibariyle bütüncül bir bakış açısıyla ele alan çalışmaların (Ökten 2015, Tabak 2019) sayısı oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmada Şavşat ilçesinin sakin şehir üyeliğinin ilçenin SYK'sına etkilerinin paydaş bakış açısıyla belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda çalışmada

“sakin şehir üyesi olmanın Şavşat'ın SYK'sına etkisine ilişkin paydaşların düşünceleri nelerdir?” sorusuna cevap aranmaktadır.

MALZEME ve YÖNTEM

Sakin şehir üyeliğinin Şavşat'ın sürdürülebilir yerel kalkınmasına etkilerinin belirlenmesi amacıyla ele alınan bu çalışmada nitel araştırma yönteminden istifade edilmiştir. Bu bağlamda araştırma konusunun bütün boyutlarını kapsayan, daha çok açık uçlu sorulara ayrıntılı cevapların alınmasına ve yüz yüze görüşülerek bilgi toplanmasına imkân tanıyan derinlemesine görüşmelere (Tekin 2006) ilaveten saha ziyaretleri sırasında yapılan gözlemlerden de faydalanılmıştır. Araştırmada ikincil veri kaynağı olarak sakin şehirle ilgili ağ sayfaları (internet) ile Şavşat Kaymakamlığı ve Şavşat Belediyesinden temin edilen veri ve belgelerin yanında araştırma konusuyla ilgili olarak yayımlanmış akademik çalışmalardan ve raporlardan da istifade edilmiştir.

Araştırma Alanı

Araştırma alanı, istihdam imkânları yetersizliğinin de etkisiyle sürekli göç veren bir ilçe olarak dikkat çeken Artvin ili Şavşat ilçesidir (Şekil 1).



Şekil 1. Şavşat'ın konumu

Şavşat SEGE sıralaması açısından diğer ilçelerle kıyaslandığında; il genelinde son sırada, TR90 bölgesi (79 ilçe arasında 54. sırada) ve ülke ölçeğinde (872 ilçe arasında 555. sırada) ise nispeten gerilerde yer almaktadır (Dinçer ve Özaslan 2004, Berber ve ark. 2015). Sosyo-ekonomik açıdan geçmişten beri devam eden bu olumsuz tablonun sonucunda, sakin şehir hareketi Şavşat'ın sürdürülebilir kalkınmasının sağlanması ile daha yaşanabilir bir şehre dönüştürülmesi sürecinde faydalanılabilecek alternatif bir yaklaşım olarak görülmüştür. Bu noktada Şavşat Kaymakamlığı ve Belediyesinin öncülüğünde diğer paydaşlarla birlikte yürütülen çalışmalar sonucunda Şavşat Belediyesinin Uluslararası Cittaslow Birliğine müracaatı 2015 yılında olumlu bir şekilde sonuçlanmıştır.

Paydaş Grupların ve Görüşülecek Kişilerin Belirlenmesi

Araştırma Şavşat'ta sakin şehir üyelik süreci ile etkileşimde olan paydaş grupları ile yürütülmüştür. Şavşat'ta yapılacak görüşmelere esas teşkil etmek üzere literatürün yanı sıra özellikle sakin şehir üyelik sürecinde aktif rol üstlenen Şavşat Belediyesi yetkilileri ile yapılan ön görüşmeler neticesinde ilçede öne çıkan 4 paydaş grubu ve her bir gruptan görüşülecek kişiler Çizelge 1'deki gibi belirlenmiştir.

Mülki ve yerel idare (MYİ) paydaş grubu kapsamında görüşülecek kişiler belirlenirken hem üyelik sürecinde hem de araştırmanın yürütüldüğü dönemde görev yapan idareciler dikkate alınmıştır.

Ticari işletmeler (Tİ) ve Şavşat Kadın Derneği (ŞAVKADER) paydaş grupları özelinde görüşülecek kişilerin tespitinde “çalışmanın amacı bağlamında bilgi açısından zengin durumların seçilmesine imkân sunan amaçlı örnekleme” (Büyüköztürk 2012) yönteminden istifade edilmiştir. Böylece bilgi, görüş ve önerileri ile araştırmaya katkı potansiyeli yüksek olan kişiler tercih edilmiştir.

Çizelge 1. Derinlemesine görüşme yapılan paydaş grupları ve temsilcilerinin dağılımı

Paydaş Grubu	Görüşülen Kişi	Açıklama
MYİ	Musa GÖKTAŞ Nihat ACAR Cemil SARIOĞLU Ahmet Sinan ÖZTÜRK Bayram DURSUN Davut KARAARSLAN Filiz ÖZCAN	Mevcut Mülki Amir (MMA) / Kaymakam-(2018-2020) Mevcut Belediye Başkanı (MBB) - (2019- 2024) Önceki Mülki Amir (ÖMA) / Kaymakam-(2013-2015) Önceki Belediye Başkanı (ÖBB) - (2014-2019) Mevcut Muhtar (MM) - (Cevizli Köyü) Önceki Muhtar (ÖM) - (Tepeköy Müze Sorumlusu) Cittaslow Temsilcisi (CT) - Şavşat Belediyesi
Tİ	K1, K2, K3, K4, K5 Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8, Y9 Y10	Konaklama İşletmesi Temsilcileri (K) Yöresel Ürün İşletmesi Temsilcileri (Y) Diğer İşletme Temsilcisi (Y)
ŞAVKADER	D1, D2, D3	Dernek Temsilcileri (D)
YÜP	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8	Pazarıcılar (P)

Yöresel ürün pazarıcıları (YÜP) paydaş grubu üyeleri ise haftalık olarak değişebildiği için, bu grupta görüşülecek kişiler ilçe merkezinde Perşembe günleri kurulan yöresel ürün pazarına gelen pazarıcılar (saticılar) arasından kolayda örnekleme yapılarak seçilmiştir. Bununla birlikte paydaş grubunun genelini yansıtabilmesi için, farklı ürün satan her satıcıdan en az biri ile görüşülmeye çalışılmıştır.

Veri Toplama Araçları

Araştırmanın birincil verilerinin elde edilmesinde görüşme formlarından istifade edilmiştir. Yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşme formlarının hazırlanmasında daha önce farklı çalışmalarda (Aydın 2010, Coşar 2013, Türk ve Tokmak 2017, Tabak 2019) benzer amaçlarla hazırlanan sorulardan istifade edilmiştir. Her bir paydaş grubu için hazırlanan görüşme formlarında; katılımcıların demografik özellikleri, sakin şehir sürecine yönelik bilgi, farkındalık ve memnuniyet düzeyleri ile sakin şehir yaklaşımı, uygulamaları ve etkileri konusundaki görüşlerinin ayrıntılı şekilde tespitine yönelik sorulara yer verilmiştir.

Verilerin Toplanması ve Analizi

Şavşat ilçe merkezinde 2019-2020 yıllarında uygulanan derinlemesine görüşmelerde her bir paydaş grubundan en az üç kişi ile görüşme yapılmıştır. Görüşmelerin amacına ulaşması ve verimli şekilde yürütülebilmesi için tespit edilen paydaş grup temsilcileri (YÜP hariç) ile önceden randevu alınmak suretiyle görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Veri kaybını önlemek amacıyla katılımcıların izni alınarak görüşmeler ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmış ve kayıta yaşanabilecek herhangi bir

soruna binaen alternatif olarak görüşmeler esnasında yazarak not tutulması da sağlanmıştır. MYİ paydaş grubu dışında görüşülen kişilerin bilgileri saklı tutulmak amacıyla kişilerin adı kodlanmıştır.

Derinlemesine görüşme verilerine içerik analizi uygulanmıştır. Genel olarak metinlerden ve diğer iletişim biçimlerinden sistematik, güvenilir, geçerli ve tekrarlanabilir çıkarımlar elde etmeye yönelik bir araştırma tekniği olarak tanımlanan içerik analizi (Drisko ve Maschi 2016), dokümanların, mülakat dökümlerinin, kayıtların karakterize edilmesi ve karşılaştırılması için kullanılmaktadır (Altunışık ve ark. 2005). İçerik analizi genel olarak; meta-analiz, meta sentez (tematik içerik analizi) ve betimsel içerik analizi olarak üçe ayrılmaktadır (Çalık ve Sözbilir 2014). Bu çalışmada, veri seti içinde anlam örüntülerini tanımlama, analiz etme ve raporlamayı esas alan tematik içerik analizinden (Braun ve Clarke 2006) istifade edilerek, paydaş görüşlerine dayalı derinlemesine görüşme kayıtlarındaki ortak anlamların ortaya çıkarılması ve karşılaştırılması hedeflenmiştir. İçerik analizinde ilgili verilerden kodlar ve temaların elde edilmesi önemli bir yer teşkil etmektedir (Creswell 2021). Bu amaçla öncelikle kayıt altına alınan görüşmeler (sesli ve yazılı) çözümlenerek rapor haline getirilmiştir. Görüşme kayıtları MAXQDA 2020 Analytics Pro Nitel Analiz programı yardımıyla ile içerik analizine tabi tutularak ilgili verilerden kodlar ve temalar elde edilmiştir. Buna göre araştırma konusu bağlamında paydaş grupları temsil eden her bir katılımcıya ait veriler ayrı ayrı ve detaylı bir şekilde incelemeye alınarak içerik ve özelliklerine göre parçalara ayrılmış ve bu parçalar kodlarla adlandırılmıştır. Sonrasında oluşturulan kodlar

kullanım sıklığına göre indirgenerek bazı kodlar birleştirilmiş ve yeniden adlandırmaya tabi tutulmuştur. Ardından bahse konu kodlar, uygun temalar altında sınıflandırılmıştır. Buna göre sakin şehir yaklaşımı ve uygulamalarının Şavşat'ın SYK'sına olan etkileri; sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlu etkiler olmak üzere 3 ana tema altında toplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Paydaş grup temsilcileriyle yapılan görüşmelere ilişkin içerik analizine göre, sakin şehir üyeliğinin Şavşat'ın SYK'sına olan etkileri; sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlar olarak sınıflandırılmıştır. Aşağıdaki alt bölümlerde detaylandırıldığı üzere derinlemesine görüşmelere iştirak eden 33 katılımcı; 139 sosyal, 332 ekonomik ve 53 çevresel olmak üzere toplam 524 farklı görüş dile getirmiş olup, bahse konu görüşlerin %94'ü, sakin şehir üyeliğinin Şavşat'ın SYK'sına yönelik olumlu etkilerine ilişkindir.

Sosyal Etkiler

Sakin şehir üyeliğinin Şavşat'ın SYK'sına olan sosyal etkileri dokuz başlık altında toplanmıştır. Bu etkilerde "İlçenin Reklâm ve Tanıtımı" etkisi, diğer sosyal etki türleriyle karşılaştırıldığında hem etki hakkında görüş bildiren katılımcı oranı (%60.6) hem de bildirilen görüşler içindeki oranı (%28.8) itibarıyla sosyal etki türleri içinde ilk sırada yer almaktadır (Çizelge 2). Buna göre sakin şehir üyeliğinin Şavşat'ın yerel kalkınmasına yönelik en önemli sosyal etkisinin ilçenin tanıtımına ilişkin olduğu ve üyelik sayesinde ilçenin tanıtımının ve tanınırlığının belirgin şekilde arttığı yönünde paydaşların ağırlıklı görüş sahibi oldukları ifade edilebilir.

Katılımcılar arasında en az katılımcı tarafından (%9.1) dile getirilen sosyal etki türü "Sosyal Sorumluluk Projeleri" iken, görüşler içinde en düşük orana (%4.3) sahip sosyal etki türü ise "İlçede Düzenlenen Sosyal Etkinlikler" olmuştur. Bu sonuçlar sakin şehir üyeliği sürecinde ilçe genelinde yürütülen gerek sosyal sorumluluk projeleri gerekse sosyal etkinliklerin paydaş grup katılımcıları nezdinde yeterli yansımalarının olmadığını göstermektedir. Katılımcıların söz konusu sosyal nitelikli faaliyetlerin ilçeye etkisinin nisbeten düşük olduğu noktasında görüş birliği içinde oldukları söylenebilir.

Çizelge 2. Sosyal etkiler itibarıyla görüş bildiren katılımcı ve görüş sayılarının dağılımı

Sosyal Etkiler	Katılımcı		Görüş	
	Sayı (A)	Oran (%)	Sayı* (B)	Oran** (%)
İlçenin Reklâm ve Tanıtımı	20	60.6	40	28.8
İlçeye Katılan Değer	11	33.3	18	12.9
Gelenek-Görenek-Tarihi ve Kültürel Değerler	10	30.3	24	17.3
Bakış Açısındaki Değişim (Psikolojik Değişim)	7	21.2	10	7.2
Engelli, Kadın ve Çocuklara Yönelik Etkinlikler	7	21.2	18	12.9
Göç	6	18.2	8	5.8
İlçede Düzenlenen Sosyal Etkinlikler	5	15.2	6	4.3
Düzenlenen Kurslar ve Eğitim Etkinlikleri	5	15.2	8	5.8
Sosyal Sorumluluk Projeleri	3	9.1	7	5
Toplam	-	-	139	100

*A/33 (Görüşmeye Katılan Toplam Katılımcı Sayısı) x 100

**B/139 (Katılımcılar Tafdından Bildirilen Toplam Görüş Sayısı) x 100

Derinlemesine görüşmeler sonucu belirlenen 9 farklı sosyal etki türünün paydaş gruplar itibarıyla dağılımı incelendiğinde; en fazla görüş bildiren paydaş grubunun %38'lik oranla MYİ olduğu, onu sırasıyla %32 ile Tİ, %24 ile

ŞAVKADER ve %6 ile YÜP paydaş grubunun izlediği görülmektedir (Çizelge 3). Bu şekilde paydaş grupları itibarıyla görüşlerin farklılık göstermesinin, ilçede yürütülen sakin şehir etkinlikleri ile ilgili bilgi düzeyinin

paydaş gruplarına göre değişkenlik arz etmesiyle ilgili olduğu ifade edilebilir. Nitekim üyelik süreci içinde yer alan ve en önemli paydaş grubu konumunda olan MYİ aynı zamanda en fazla görüş bildiren paydaş grubudur.

Yine beklenildiği şekilde sakin şehir üyeliği ve üyeliğin etkilerinden YÜP paydaş grubu en az haberdar olan kesimdir.

Çizelge 3. Sosyal etki türleri ve şekillerinin katılımcı gruplar itibarıyla dağılımı

Sosyal Etki							Toplam	
Türü	Şekli	MYİ	Tİ	ŞAVKAD ER	YÜP	N	%	
SE-1. İlçenin Reklâm ve Tanıtımı	Olumlu	N	11	17	7	4	39	97.5
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	1	0	0	1	2.5
	Toplam	N	11	18	7	4	40	100
		%	27.5	45	17.5	10	100	
SE-2. İlçeye Katılan Değer	Olumlu	N	4	6	5	3	18	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	4	6	5	3	18	100
		%	22	33	28	17	100	
SE-3. Gelenek-Görenek-Tarihi ve Kültürel Değerler	Olumlu	N	14	8	1	0	23	96
	Olumsuz	N	0	1	0	0	1	4
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	14	9	1	0	24	100
		%	58	38	4	0	100	
SE-4. Bakış Açısındaki Değişim (Psikolojik Değişim)	Olumlu	N	3	4	3	0	10	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	3	4	3	0	10	100
		%	30	40	30	0	100	
SE-5. Engelli, Kadın ve Çocuklara Yönelik Etkinlikler	Olumlu	N	11	1	6	0	18	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	11	1	6	0	18	100
		%	61	6	33	0	100	
SE-6. Göç	Olumlu	N	3	4	0	1	8	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	3	4	0	1	8	100
		%	37.5	50	12.5	0	100	
SE-7. İlçede Düzenlenen Sosyal Etkinlikler	Olumlu	N	3	1	2	0	6	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	3	1	2	0	6	100
		%	50	17	33	0	100	
SE-8. Düzenlenen Kurslar ve Eğitim Etkinlikleri	Olumlu	N	2	2	4	0	8	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	2	2	4	0	8	100
		%	25	25	50	0	100	
SE-9. Sosyal Sorumluluk Projeleri	Olumlu	N	2	0	5	0	7	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	2	0	5	0	7	100
		%	29	0	71	0	100	
Genel Toplam	Olumlu	N	53	43	33	8	137	98
	Olumsuz	N	0	1	0	0	1	1
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	1	0	0	1	1
	Toplam	N	53	45	33	8	139	100
		%	38	32	24	6	100	

Öte yandan görüşmelerde sakin şehir üyeliğinin etkilerine ilişkin en fazla görüş beyan eden MYİ paydaş grubu katılımcıları tarafından sosyal etki türleri içinde “*Gelenek-Görenek-Tarihi ve Kültürel Değerler*” etkisine yönelik görüşler öne çıkarılmış olup, öne çıkarılan bu görüşlerin tamamının olumlu olduğu anlaşılmaktadır. Yine sakin şehir üyeliğinin etkilerine ilişkin en az görüş beyan eden YÜP paydaş grubu katılımcıları ise “*İlçenin Reklâm ve Tanıtımı*”, “*İlçeye Katılan Değer*” ve “*Göç*” olmak üzere sadece üç etki türü hakkında görüş bildirmiş ve tüm görüşlerin etki şekli de olumlu olarak gerçekleşmiştir.

Sosyal etkiler arasında öne çıkan “*İlçenin Reklâm ve Tanıtımı*” etkisine ilişkin tüm paydaş grupları görüş bildirmiş olup, bu etkiye ilişkin görüşler çok büyük oranda (%98) olumludur. Buna göre paydaş gruplar açısından reklâm ve tanıtım etkisinin tüm gruplarca hissedildiği söylenebilir. Bununla birlikte ilgili etki türünün doğrudan ve en fazla etkilediği dolayısıyla en fazla görüş bildiren grup (%45) ise beklenildiği şekilde Tİ paydaş grubudur. “*İlçenin Reklâm ve Tanıtımı*” sosyal etki türüne ilişkin paydaş grup temsilcilerinden bazılarının görüşleri şu şekildedir:

“Uluslararası düzeyde tanıtım anlamında katkı sağladı. Yani ben şunu söyleyebilirim rahatlıkla: Artvin’in, Şavşat’ın tanıtım anlamında bir sorunu kaldığını düşünmüyorum. Çünkü ulusal ve uluslararası düzeyde şu anda Artvin, özelde de Şavşat’ı bilmeyen yok (Katılımcı Kodu: ÖBB).

Bu konuyla ilgili birçok broşür falan yapıldı, dağıtıldı. Cittaslow’la ilgili uluslararası ve ulusal düzeyde baya bir tanınma oldu. Ve bunu da biz Şavşatlı olarak yaşadık. Yani her geçen yıl gelen işte dışarıdan turist sayısı daha da artıyor. İlçe tanıtılınca mesela yabancı insanlar geliyor... Bir de vatandaş merak ediyor yani öyle doğal güzellikleri çok medyada paylaşılınca. Yani Cittaslow ilçeyi tanıtma anlamında bir farkındalık yarattı, öyle diyelim (Katılımcı Kodu: Y9).

Genel anlamda baktığımız zaman Cittaslow, Şavşat’ın daha çok kişi tarafından tanınmasına vesile olmuştur yani. Cittaslow, bir marka, bir değer kattı yani Şavşat’a. ... (Katılımcı Kodu: D1).”

Özetle sakin şehir üyeliğinin sosyal etkileri içinde paydaş gruplarınca öne çıkarılan reklâm ve tanıtım etkisi, Şavşat’ın hem ulusal hem de uluslararası tanınırlığının ve bilinirliğinin artmasının yanısıra küresel düzeyde adını duyurmasında önemli bir araç olarak görülmektedir. Şavşat’ta paydaş grupların bakış açısıyla ortaya çıkan bu sonuçlar, ilçe halkının görüşleriyle de benzerlik göstermektedir. Nitekim Öztürk ve ark. (2023) tarafından yürütülen çalışmada halkın bakış açısıyla sakin şehir üyeliğinin Şavşat’a sosyal açıdan en büyük etkisinin ilçenin ulusal ve uluslararası tanıtımına katkı sağlamak olduğu ifade edilmektedir. Öte yandan Şahin (2019) tarafından Şavşat özelinde yürütülen bir başka çalışmada ünvanın alınmasından sonra uluslararası fuarlar ile yazılı ve görsel olarak çeşitli mecralarda ilçenin ve ilçedeki konaklama tesisleri ile işletmelerin tanıtımının yoğun bir şekilde yapıldığı belirtilmektedir. Şavşat’ın sakin şehir üyeliğinden kaynaklanan bahse konu etkilere benzer amaçlarla farklı ilçelerde yürütülen çalışmalarda da rastlanmaktadır. Örneğin Seferihisar’da Doğan ve ark. (2014) tarafından yapılmış olan bir araştırmada sakin şehir markasının ilçe tanıtımında olumlu etkisi olduğuna vurgu yapılırken, Ökten (2015) tarafından yapılan araştırmada ise sakin şehir üyeliği ile birlikte ilçedeki en önemli değişimin, ilçenin tanınırlığının uluslararası düzeyde artmış olduğu tespitine yer verilmektedir. Yine Tabak (2019) tarafından yapılan bir araştırmada da sakin şehir üyeliğinin bir yerel kalkınma modeli olarak Seferihisar’ın sosyal ve ekonomik kalkınmasına katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Sosyal boyut bağlamında olumsuz görüşlerin yer aldığı iki etki söz konusu olup, bunlardan biri “*İlçenin Reklâm ve Tanıtımı*” diğeri de “*Gelenek-Görenek-Tarihi ve Kültürel Değerler*” başlıklı etkilerdir. Olumsuz görüşlerin yer aldığı her iki etki de Tİ paydaş grubu katılımcıları tarafından dile getirilmiştir. Görüşmede katılımcılardan biri kendi işletmesinde geceleme sayılarının sakin şehirden sonra arttığını, ancak bu artışın daha çok kendisinin yapmış olduğu sosyal medya tanıtımlarından kaynaklandığını ifade ederek, sakin şehir üyeliğinin etkileri bağlamında olumlu ve olumsuz görüşü birlikte dile getirmiştir. Söz konusu K2 katılımcısının ilçenin tanıtımına ilişkin dile getirdiği görüşlerden bazıları şu şekildedir:

“İşletmemiz kurulduktan sonra yatak kapasitesi arttı. Bu artışın sebebi sosyal medyadan kaynaklanıyor. Biz sosyal medyadan tanıtım yapıyoruz. O şekilde artış oldu. Tesisimizde ortalama geceleme sayısı 2 gün. Şavşat biraz daha tanınınca 1 günlük konaklamalar hep 2 güne çıktı. 3 güne çıkan da var. Bunda Cittaslow’un katkısı olduğunu düşünmüyorum (Katılımcı Kodu:K2)”

Sakin şehir hareketi, her bir şehrin kendine özgü kimliklerini sürdürmeyi amaçlayan bir kentsel kimlik hareketi olup (Radstrom 2005), bu hareketten beklenen başlıca çıktı şehrin kimliğini yansıtan gelenekler ve görenekler ile tarihi ve kültürel değerlerin ortaya çıkarılması ve bunların sürdürülebilirliğinin sağlanmasıdır. Bu noktada Şavşat’ta sosyal boyut altında ortaya çıkan “Gelenek-Görenek-Tarihi ve Kültürel Değerler” etkisinin sonucu tüm paydaş grupları açısından büyük oranda olumlu olsa da bu etkiye ilişkin Tİ paydaş grubundan bir adet olumsuz görüş söz konusudur. Nitekim söz konusu etkiye yönelik konaklama işletmesi temsilcisi bir katılımcı tarafından üyeliğe yönelik doğrudan olumsuz ve sakin

şehir üyelik sürecinin yönetiminden sorumlulara yönelik de biraz sitem dolu görüşü aşağıdaki şekildedir:

“Cittaslow’un bize işletme olarak bir yarar getirdiğini düşünmüyorum. Cittaslow’da her türlü yöresel, kültürel faaliyetleri göstermek gerekiyor. Onlara biraz eğilmek gerekiyor, ama işte işin başındaki insanların konuyla ilgili bilgileri yok (Katılımcı Kodu: K1).”

Ekonomik Etkiler

Şavşat’ın sakin şehir üyeliğinin SYK’ya olan ekonomik etkileri 8 başlık altında toplanmıştır. Bu etkilerden biri olan “Turizm”, hem hakkında görüş bildiren katılımcıların oranı (%87.9) hem de bildirilen tüm görüşler içindeki oranı (%31.9) itibariyle ekonomik etkiler arasında ilk sırada yer almaktadır (Çizelge 4). Bu sonuçlara göre sakin şehir üyeliğinin Şavşat’a yönelik en önemli ekonomik etkisinin turizm alanında olduğu ve üyeliğin ilçe turizminin gelişmesine önemli katkılar sağladığı yönünde paydaşlar arasında görüş birliği olduğu ifade edilebilir.

Çizelge 4. Ekonomik etkiler itibariyle görüş bildiren katılımcı ve görüş sayılarının dağılımı

Ekonomik Etkiler	Katılımcı		Görüş	
	Sayı (A)	Oran* (%)	Sayı (B)	Oran** (%)
Turizm	29	87.9	106	31.9
Tarımsal Üretim. Üreticiler ve Yerel Pazar	25	75.8	69	20.8
Yerel Üretici ve Esnaf	19	57.6	54	16.3
Yerel Ürünlerin Üretim ve Pazarlama İmkânları	14	42.4	28	8.4
Kadınlar	11	33.3	53	16
Arazi Değeri ve Yatırımlar	7	21.2	9	2.7
Yerel Girişim ve İstihdam	3	9.1	4	1.2
Proje ve Desteklemeler	3	9.1	9	2.7
<i>Toplam</i>	-	-	332	100

*A/33 (Görüşmeye Katılan Toplam Katılımcı Sayısı) x 100

** B/332 (Katılımcılar Tافından Bildirilen Toplam Görüş Sayısı) x 100

Ekonomik etkiler arasında “Yerel Girişim ve İstihdam” ile “Proje ve Desteklemeler” en az katılımcı tarafından (%9.1) dile getirilen ekonomik etki türleri iken, görüşler içinde en düşük orana sahip ekonomik etki türü ise “Yerel Girişim ve İstihdam” (%1.2) olmuştur. Bu sonuçlar sakin şehir üyeliği sürecinde ilçede yürütülen girişimcilik ve proje faaliyetleri ile yatırım desteklerinin paydaşlara yeterli yansımalarının olmadığı ya da etkilerinin paydaşlar tarafından hissedilir hale gelmediğine işaret etmektedir.

Derinlemesine görüşmeler sonucu belirlenen 8 farklı ekonomik etki türü incelendiğinde; en fazla görüş bildiren katılımcı grubun %45’lik oranla Tİ olduğu, onu sırasıyla %25 ile ŞAVKADER, %22 ile MYİ ve %8 ile YÜP grubunun izlediği görülmektedir (Çizelge 5). Bu şekilde paydaş grupları itibariyle görüş bildirme oranlarının farklılık göstermesinde, ilçede yürütülen sakin şehir etkinliklerinden kaynaklı ekonomik etkilerin farklı paydaş gruplarına farklı düzeylerde yansımalarıyla ilgili olduğu söylenebilir. Nitekim ilçede yürütülen faaliyetlerin

ekonomik etkileriyle Tİ'nin doğrudan ve yakın ilişkisinden dolayı dört paydaş grubu içinde ekonomik etkilere ilişkin tüm görüşlerin yarıya yakını Tİ paydaş grubu tarafından dile getirmiştir.

Genel olarak en fazla görüş beyan eden Tİ grubunda, ekonomik etki türlerinden "Yerel Üretici ve Esnaf" etkisine

yönelik görüşlerin öne çıkarıldığı ve öne çıkarılan bu görüşlerin tamamına yakınının olumlu olduğu görülmektedir. Öte yandan, en az görüş beyan eden YÜP grubunda ise, ilgili grubun sadece iki etki türü ("Turizm" ve "Tarımsal Üretim, Üreticiler ve Yerel Pazar") hakkında görüş bildirdiği ve görüşlerin büyük bölümünün etki şeklinin de olumlu olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 5. Ekonomik etki türleri ve şekillerinin katılımcı gruplar itibarıyla dağılımı

Ekonomik Etki							Toplam	
Türü	Şekli		MYİ	Fİ	ŞAVKADER	YÜP	N	%
EE-1. Turizm	Olumlu	N	25	54	13	3	95	90
	Olumsuz	N	0	3	0	1	4	4
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	7	0	0	7	6
	Toplam	N	25	64	13	4	106	100
		%	24	60	12	4	100	
EE-2. Tarımsal Üretim, Üreticiler ve Yerel Pazar	Olumlu	N	21	14	7	17	59	86
	Olumsuz	N	1	1	0	5	7	10
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	2	0	1	3	4
	Toplam	N	22	17	7	23	69	100
		%	32	25	10	33	100	
EE-3. Yerel Üretici ve Esnaf	Olumlu	N	6	40	5	0	51	94
	Olumsuz	N	0	2	0	0	2	4
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	1	0	0	1	2
	Toplam	N	6	43	5	0	54	100
		%	11	80	9	0	100	
EE-4. Yerel Ürünlerin Üretim ve Pazarlama İmkânları	Olumlu	N	7	10	10	0	27	96
	Olumsuz	N	0	1	0	0	1	4
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	7	11	10	0	28	100
		%	25	39	36	0	100	
EE-5. Kadınlar	Olumlu	N	3	6	43	0	52	98
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	1	0	0	1	2
	Toplam	N	3	7	43	0	53	100
		%	6	13	81	0	100	
EE-6. Arazi Değeri ve Yatırımlar	Olumlu	N	2	5	0	0	7	78
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	2	0	0	0	2	22
	Toplam	N	4	5	0	0	9	100
		%	44	56	0	0	100	
EE-7. Yerel Girişim ve İstihdam	Olumlu	N	2	2	0	0	4	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	2	2	0	0	4	100
		%	50	50	0	0	100	
EE-8. Proje ve Desteklemeler	Olumlu	N	3	0	6	0	9	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	3	0	6	0	9	100
		%	33	0	67	0	100	
Genel Toplam	Olumlu	N	69	131	84	20	304	92
	Olumsuz	N	1	7	0	6	14	4
	Olumlu ve Olumsuz	N	2	11	0	1	14	4
	Toplam	N	72	149	84	27	332	100
		%	22	45	25	8	100	

Öte yandan paydaş gruplar tarafından dillendirilen ekonomik etkilerin; %92'sinin olumlu, %4'ünün olumsuz ve %4'ünün de hem olumlu hem de olumsuz nitelikte olduğu görülmektedir (Çizelge 5). Buna göre sakin şehir üyeliğinin Şavşat'ın sürdürülebilir yerel kalkınmasını ekonomik boyut itibariyle büyük oranda olumlu yönde etkilediği ancak katılımcılar tarafından düşük oranlarda da olsa üyeliğin olumsuz etkilerine ilişkin görüşlerin dile getirildiği ifade edilebilir.

Ekonomik etkiler arasından öne çıkan "Turizm" etkisine ilişkin tüm paydaş grupları görüş bildirmiş olup, bu etkiye ilişkin görüşler büyük oranda (%90) olumludur. Buna göre paydaş gruplar açısından üyeliğin ilçenin en çok turizmini geliştirdiği ve bu etkinin tüm gruplarca hissedildiği söylenebilir. İlgili etki türünden en fazla etkilenen ve bu etkiye ilişkin en fazla görüş bildiren grup ise T1'ler olmuştur. "Turizm" etki türüne ilişkin MYİ paydaş grubu temsilcilerinden bazılarının görüşleri şu şekildedir:

"Cittaslow'dan sonra turist sayısı arttı. İnsanlar Cittaslow Şavşat'ı merak edip geliyorlar. Yani git gide de her sene bir artış görüyoruz (Katılımcı Kodu: Y7). Cittaslow ile birlikte Şavşat olarak uluslararası turizm literatüründe de söz sahibi olduk (Katılımcı Kodu: ÖBB)

Özellikle Cittaslow'ları gezen, özellikle oralara giden insanlar var. Mesela ailecek gelmişler: Yerel turist. İzmir'den bir yerden gelmişti. Neden geldiniz Şavşat'a dedim. Niye sevdiniz burayı? Cittaslow olduğu için geldik dedi. Özellikle Cittaslow'ları geziyoruz dedi (Katılımcı Kodu: CT)."

Bahse konu olumlu etkileri ihtiva eden görüşler dışında ekonomik boyut bağlamında sakin şehir üyeliğinin çok az da olumsuz etkilerine işaret eden görüşler de söz konusudur. Özellikle sakin şehir sonrasında ilçede turist artışı yaşanmadığına, yabancı turistlerin ilçeye gelmediğine ve gelen turistlerin de turlarla günübirlik geldiklerine ya da kısa süreli olarak otellerde konakladıklarına ve ilçe merkezine hiç uğramadıklarına yönelik nisbeten sürecin ilçeyi olumsuz etkilediğine yönelik görüşler de dile getirilmiştir. Bir başka ifadeyle olumsuz etkiye ilişkin görüşler ağırlıklı olarak sakin şehir üyeliğinden beklenen olumlu etkinin ilçede yeterince

oluşmadığı ya da görülmediği noktasında yoğunlaşmaktadır. Buna ilişkin olarak bir yöresel ürün işletmesi temsilcisinin görüşü aşağıdaki şekildedir:

"Mesela sakin şehire gelecek olanlar kimler: zaten benim köylüm burada. Yazları burada, kışları gidiyor. Onun dışında bir kimse gelmiyor ki. Ne yerli turistler geliyor ne de turlar geliyor. Turlar geliyor özel otellere geliyor, bir iki gün konaklıyorlar. Zaten yeteri kadar otel olmadığı için ya bir gün konaklıyor ya da konaklamadan dönüyor gidiyor (Katılımcı Kodu: Y3)."

Öte yandan hem olumlu hem olumsuz görüşler incelendiğinde ise sakin şehirle birlikte ilçede turist sayısının arttığı ancak turist geceleme sayılarında pek değişiklik yaşanmadığı, köydeki ev pansiyoncuları açısından sakin şehir sayesinde yaşanan bir değişiklik olmadığı, sakin şehirden dolayı gelen ziyaretçiler olsa da onlara sakin şehri anlatacak herhangi bir araç ve imkân olmadığına yöneliktir.

Sonuç olarak Şavşat'ta sakin şehir üyeliğinin sağladığı en önemli etki paydaşlara göre turizme ilişkin olup turizm odaklı etkiler büyük ölçüde olumludur. Paydaşların bu görüşü, sakin şehir üyeliği sayesinde Şavşat'ta turizm sektörünün canlanması/gelişmesi sağlanmıştır şeklindeki ilçe halkının (Öztürk ve ark. 2023) görüşüyle örtüşmektedir. Kaldığı Şavşat'ın sakin şehir üyeliğinin ardından yapılan reklâm ve tanıtım faaliyetleri sayesinde ilçeye gelen turist sayısı ve turizme yönelik etkinliklerde önemli artışlar yaşanmıştır. Nitekim 2016 yılından itibaren ilçedeki konaklama tesislerinde doluluk oranlarının ve turistlerin tesise geliş sayılarının genel olarak arttığı (Kültür ve Turizm Bakanlığı [KTB] 2020a ve 2020b) ve bu açıdan turizmde artış yönlü bir ivme yakalandığı söylenebilir. Dolayısıyla sakin şehir ünvanı ile birlikte ilçenin doğal, tarihi ve kültürel zenginliklerinin ulusal ve uluslararası düzeyde tanıtılması sayesinde daha çok turistlerin ilçeye gelmesi ve turizm etkinliklerinde artış yaşanması sağlanmıştır. Seferihisar örneğinde yapılan bir araştırmada da sakin şehir olgusunun özellikle turizme bağlı olarak yöre ekonomisi üzerinde olumlu yönde etkiler meydana getirdiğine ilişkin için benzer sonuçlar söz konusudur (Coşar 2013). Yine Taraklı'da yapılan

araştırmada sakin şehir üyeliğinin; ekonomik olarak turizmin artışıyla birlikte gelir ve istihdam imkânlarını olumlu yönde etkilediği sonuçları elde edilmiştir (Çelik ve Kiper 2020). Dolayısıyla sakin şehir hareketinin sürdürülebilirliği açısından turizm önemli ve gerekli bir ekonomik faaliyet alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak bu noktada Özer (2018) tarafından da belirtildiği üzere turizmin gelişmesiyle birlikte ilgili şehirde yaşanan aşırı nüfus artışına bağlı taleplerin (konut talebi, belediye hizmetleri vb.) yeterince karşılanamaması durumunda yerel halkın yaşam kalitesinin düşmesi söz konusu olabileceğinden, turizmin planlı yürütülmemesi durumunda hareketin uygulanma sürecinde çeşitli sorunlar ortaya çıkabileceği unutulmamalıdır.

Çevresel Etkiler

Sakin şehir üyeliğinin Şavşat'ın SYK'sına olan çevresel etkileri 9 başlık altında toplanmıştır (Çizelge 6). Söz konusu 9 çevresel etki türü içerisinde görüş bildiren katılımcı oranı (%24.2) itibarıyla "Görsel Kirliliğin ve Trafik Gürültüsünün Azaltılması", bildirilen görüşler içindeki oran (%26.4) itibarıyla de "Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynakların Korunması" etkileri ilk sırada yer almaktadır. Buna göre derinlemesine görüşmeye katılan paydaş grup temsilcileri, çevresel boyut bağlamında sakin şehir şehir üyeliği sayesinde ilçede kirlilik ve gürültünün azaltımı ile doğayı koruma gibi çevresel etkilerin en fazla hissedilen etkiler olduğu görüşünü öne çıkarmıştır.

Çizelge 6. Çevresel etkiler itibarıyla görüş bildiren katılımcı ve görüş sayılarının dağılımı

Çevresel Etkiler	Katılımcı		Görüş	
	Sayı (A)	Oran*(%)	Sayı (B)	Oran** (%)
Görsel Kirliliğin ve Trafik Gürültüsünün Azaltılması	8	24.2	12	22.6
Yöresel Mimarinin Desteklenmesi	6	18.2	8	15.1
Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynakların Korunması	5	15.2	14	26.4
Halkın Çevreyi Koruma Bilinci ve Hassasiyeti	4	12.1	6	11.3
Çevreyi Dikkate Alan Ulaşım İmkânlarının Geliştirilmesi	4	12.1	5	9.4
Sokak Hayvanlarının Korunması	2	6.1	2	3.8
Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı	1	3	2	3.8
Atık Yönetimi Uygulamaları	1	3	2	3.8
Şehir İçindeki Nitelikli Yeşil Alanlar	1	3	2	3.8
<i>Toplam</i>	-	-	53	100

* A/33 (Görüşmeye Katılan Toplam Katılımcı Sayısı) x 100

** B/53 (Katılımcılar Tafdından Bildirilen Toplam Görüş Sayısı) x 100

Çevresel etkiler içinde; "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı", "Atık Yönetimi Uygulamaları" ve "Şehir İçindeki Nitelikli Yeşil Alanlar" olarak adlandırılan etki türleri en az katılımcı tarafından (%3) dile getirilen çevresel etki türleri iken, söz konusu etkilerle birlikte "Sokak Hayvanlarının Korunması" etkisi görüşler içinde en düşük orana sahip etki türleri olmuştur. Dolayısıyla, katılımcıların bakış açısıyla yenilenebilir enerji, atık yönetimi, yeşil alanlara ilişkin bahse konu etkilerin, ilçenin sürdürülebilir kalkınmasına yansımalarının çevresel boyut altındaki diğer etkilerin oldukça gerisinde kaldığı ifade edilebilir.

Çevresel etki türlerinin paydaş gruplar itibarıyla dağılımı incelendiğinde; çevresel etkilere ilişkin en fazla görüş bildiren katılımcı grubun %72'lik oranla MYİ olduğu, onu

sırasıyla %24 ile Tİ ve %4 ile ŞAVKADER'in izlediği görülmektedir. Bununla birlikte YÜP grubu çevresel etkilere ilişkin hiç görüş bildirmeyen, bir başka ifadeyle çevresel etkiler konusunda herhangi bir farkındalığın oluşmadığı bir grup olarak dikkat çekmektedir (Çizelge 7). YÜP grubunun çevresel etkiler konusunda görüş bildirmemiş olmasında, ilçe merkezine nazaran köylerde çevresel etkilerle ilgili sorunların görünürlüğünün çok daha düşük olmasının ve YÜP grubu temsilcilerinin tamamının köylerde ikamet edip sadece ürünlerini satmak için haftanın belirli bir günü ilçe merkezine gelen katılımcılardan oluşmasının etkili olduğu ifade edilebilir.

Genel olarak çevresel etkilere ilişkin en fazla görüş beyan eden MYİ grubunda etki türleri içinde "Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynakların Korunması" etkisine yönelik

görüşlerin öne çıkarıldığı ve öne çıkarılan bu görüşlerin tamamının da olumlu olduğu görülmektedir. Öte yandan, en az görüş beyan eden ŞAVKADER grubu katılımcıları tarafından ise “Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynakların Korunması” ve “Sokak Hayvanlarının Korunması” olmak üzere sadece iki etki türü hakkında görüş bildirilmiş olup, benzer şekilde bu görüşlerin tamamı olumlu olmuştur.

Paydaş grup katılımcıları tarafından dillendirilen çevresel etkilerin; %94’ü olumlu ve %6’sı ise olumsuzdur (Çizelge 7). Bu sonuçlar, sakin şehir üyeliğinin Şavşat’ın SYK’sının çevresel açıdan ağırlıklı olarak olumlu yönde etkilendiğine işaret etmektedir.

Çevresel etkiler arasından öne çıkan “Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynakların Korunması” etkisine ilişkin sadece MYİ ve ŞAVKADER grupları görüş bildirmiş olup, söz konusu etkiye ilişkin görüşlerin tamamı (%100) olumludur. Buna göre paydaş grup temsilcilerinin görüşü, sakin şehir üyeliğinin ilçenin SYK’sına çevresel boyut bağlamında öncelikle biyolojik çeşitlilik ve doğal kaynakların korunmasına katkı sağladığı yönündedir.

Katılımcılardan edinilen bilgiler ve saha gözlemlerine göre, biyolojik çeşitlilik ve doğal kaynakların korunması açısından ilçe genelinde hem Artvin İl Tarım ve Orman Müdürlüğü hem de Artvin Orman Bölge Müdürlüğü aracılığıyla Şavşat Belediyesi tarafından (Çocuk Belediyesi de işin içerisine dâhil edilerek) çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda ilçede yöresel meyve türlerinin devamlılığı için örnek bahçeler oluşturulmuştur. Çok yönlü ve kapsamlı bir çalışma olan bu konuda bir katılımcının görüşü şu şekildedir:

“İlçede 4 tane örnek yöresel meyve bahçesi var. Çocuk Belediyesi Hatıra Ormanı var. Orda da yöresel meyveler var. Artı bir tane de biz yeni bir bahçe, Çocuk Belediyesi Yöresel Meyve Bahçesi oluşturduk. O bahçede dikilen fidanlar Şavşat’ın eskiden kullanılan meyveleri var ya onların fidanları. Biz dedik ki bu türler bitmesin Şavşat’ta. Çünkü onlar yerel, çünkü onların aromaları daha farklı. Şimdi köylerden kalemler toplanıp o bahçede dikilen fidanlara aşılama yapılacak. Gen bahçesi gibi bir şey olacak bu. Tekrar oradan çıkan kalemler köylerdeki ağaçlara aşılama yapılarak... Bahçe şu

anda meyve vermeye başladı... Şimdi onlara kalemlerle aşılama yapılacak. Daha sonra o bahçeden kalemler alınacak o ağaçlardan. Köylerdeki ağaçlara yeniden aşılama yapılacak ki insanlar burada Amasya Elması, Golden Elması tüketmesinler. Eski, Şavşat’ın yerel elmalarını (Bumbul, İmerhev vb.) tüketsinler (Katılımcı Kodu: CT).”

Ayrıca ilçede ŞAVKADER’in öncülüğünde ve Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı (DOKAP)’nın desteğiyle Şavşat Belediyesi bünyesinde tıbbi-aromatik bitki (kızılıçık ve alıç) bahçeleri de oluşturulmuştur. Şavşat ilçe merkezine yakın bir mevkide (Hinzat mevkii) oluşturulan bu bahçelerde daha sonra yine DOKAP tarafından temin edilen 10000 adet dağ kekiği fidesi de dikilmiştir. Bahçede üretilen ürünlerin tamamı, iyi tarım uygulamaları kapsamında sertifikalı özelliğe sahiptir. Ayrıca Şavşat Belediyesi bünyesinde kurulmuş olan kooperatifin faaliyetleri arasında yerli tohuma yönelik çalışmalar da bulunmaktadır.

Biyolojik çeşitlilik ve doğal kaynakların korunması anlamında sakin şehir kapsamında belediyenin talebiyle yapılan bir diğer çalışma da, ormanlardaki zararlılarla mücadele kapsamındadır. Buna yönelik CT kodlu katılımcının ifadesi şu şekildedir:

“Ormanlardaki bu haşereler, böceklerden dolayı ormanların kurumasıyla ilgili de Artvin Çoruh Üniversitesi ve Karadeniz Teknik Üniversitesi çalışma yaptı. Yani Belediyenin talebiyle bir çalışma yaptı. Onu da mesela Orman Bakanlığı’na sunduk. Çünkü biz o ünvanı nasıl aldık: ormanlarla aldık dimi? Ormanlar kurursa bir anlamı kalmaz. Onunla ilgili de müracaat yapıldı mesela. İşte sahip çıkmak için çaba gösteriliyor. Hani ünvanın sürdürülebilirliği için (Katılımcı kodu: CT).”

Çevresel boyut bağlamında ortaya çıkan az sayıdaki olumsuz görüş incelendiğinde, bu görüşlerin; ilçede eski evlerin koruma altına alınmasına rağmen koruma altına alınan bu evlerin yöresel mimariyi yansıtmadığı, ilçenin altyapısı ve yollarının sakin şehre uygun olmadığı ve ilçenin sakin şehir olması ile birlikte Karagöl gibi turistik

yerlerde çöplerin daha da arttığı şeklindeki olumsuzluklara işaret ettiği görülmektedir.

Çizelge 7. Çevresel etki türleri ve şekillerinin katılımcı gruplar itibarıyla dağılımı

Çevresel Etki	Türü	Şekli					Toplam	
			N	MYI	Ti	ŞAVKADER	YÜP	N
ÇE-1. Görsel Kirliliğin ve Trafik Gürültüsünün Azaltılması	Olumlu	N	3	7	0	0	10	83
	Olumsuz	N	1	1	0	0	2	17
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	4	8	0	0	12	100
			%	33	67	0	0	100
ÇE-2. Yöresel Mimarinin Desteklenmesi	Olumlu	N	5	2	0	0	7	87.5
	Olumsuz	N	1	0	0	0	1	12.5
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	6	2	0	0	8	100
			%	75	25	0	0	100
ÇE-3. Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynakların Korunması	Olumlu	N	13	0	1	0	14	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	13	0	1	0	14	100
			%	93	0	7	0	100
ÇE-4. Halkın Çevreyi Koruma Bilinci ve Hassasiyeti	Olumlu	N	5	1	0	0	6	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	5	1	0	0	6	100
			%	83	17	0	0	100
ÇE-5. Çevreyi Dikkate Alan Ulaşım İmkanlarının Geliştirilmesi	Olumlu	N	3	2	0	0	5	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	3	2	0	0	5	100
			%	60	40	0	0	100
ÇE-6. Sokak Hayvanlarının Korunması	Olumlu	N	1	0	1	0	2	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	1	0	1	0	2	100
			%	50	0	50	0	100
ÇE-7. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı	Olumlu	N	2	0	0	0	2	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	2	0	0	0	2	100
			%	100	0	0	0	100
ÇE-8. Atık Yönetimi Uygulamaları	Olumlu	N	2	0	0	0	2	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	2	0	0	0	2	100
			%	100	0	0	0	100
ÇE-9. Şehir İçindeki Nitelikli Yeşil Alanlar	Olumlu	N	2	0	0	0	2	100
	Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	2	0	0	0	2	100
			%	100	0	0	0	100
Genel Toplam	Olumlu	N	36	12	2	0	50	94
	Olumsuz	N	2	1	0	0	3	6
	Olumlu ve Olumsuz	N	0	0	0	0	0	0
	Toplam	N	38	13	2	0	53	100
			%	72	24	4	0	100

Özetle paydaşlara göre sakin şehir üyeliğinin SYK'ya etkisinin en fazla Şavşat'ın biyolojik çeşitliliğinin ve doğal kaynaklarının korunmasına yönelik ve genel olarak olumlu etkiler doğurduğu ifade edilebilir. Bu sonuç Öztürk ve ark. (2023) tarafından Şavşat'ın sakin şehir üyeliğini ele alan bir başka çalışmada da sakin şehir üyeliği ile ilçenin doğal dokusunun korunmaya çalışıldığı şeklinde katılımcıların olumlu bir görüşe sahip olduğu tespiti ile örtüşmektedir. Yine Çakıcı ve ark. (2014) tarafından Seferihisar'da sakin şehir üyeliğinin yansımalarının ele alındığı bir çalışmada da, üyeliğin ilçenin doğal kaynakları ve yeşil alanlarının korunmasına ilişkin çevre üzerinde çeşitli olumlu etkiler meydana getirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde Gruszecka-Tudor ve Gierańczyk (2021) tarafından yapılan araştırmada da Polonya'da Cittaslow üyesi şehirlerde üyelik bağlamında yürütülen çevresel iyileştirmeler sayesinde halkın yaşam kalitesinde iyileşmeler olduğu ifade edilmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Şavşat'ın sakin şehir üyeliğinin ilçenin SYK'sına olan etkilerinin paydaş bakış açısıyla belirlenmesi amacıyla ele alınan bu araştırmada dört farklı paydaş grubundan toplam 33 katılımcı ile yapılan derinlemesine görüşmeler sonucunda; sakin şehir üyeliğinin Şavşat'ın SYK'sına yönelik etkilerine ilişkin toplam 524 görüş ve bu görüşler yardımıyla sürdürülebilir kalkınmanın sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla ilişkili toplam 26 farklı etki türü belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda; ilçenin sürdürülebilir yerel kalkınması bağlamında hakkında en fazla görüş bildirilen boyutun ekonomik boyut olduğu ve onu sırasıyla sosyal ve çevresel boyutların izlediği görülmektedir. Bir başka ifadeyle sakin şehir üyeliği sürecinde Şavşat'ta paydaşlar tarafından en fazla hissedilen etkilerin ekonomik nitelikli etkiler olduğu, dolayısıyla ilçede ekonomik etkilerin sosyal ve çevresel etkilere nazaran daha fazla öne çıktığı ifade edilebilir. Etki türleri itibarıyla ele alındığında ise ekonomik boyut altında turizm ve sosyal boyut altında reklam ve tanıtım etkileri sakin şehir üyeliğinden kaynaklı etkiler arasında hem katılımcılar hem de görüşler arasında ilk sırada yer almıştır. Buna karşılık çevresel etki boyutu altında ise katılımcılar arasında görsel kirliliğin ve trafik

gürültüsünün azaltılması, bildirilen görüşler içinde ise biyolojik çeşitlilik ve doğal kaynakların korunması etkileri ilk sırada yer almıştır.

Yine katılımcılar tarafından dile getirilen bahse konu görüşlerin çok büyük bir bölümü (%94) sakin şehir üyeliğinin ilçenin SYK'sını olumlu yönde etkilediği şeklindedir. Görüşlerin ağırlıklı bölümünün her bir SYK boyutu itibarıyla de olumlu yönde olduğu göz önüne alındığında sakin şehir üyeliğinin ilçenin SYK'sını genel itibarıyla olumlu yönde etkilediğini söylemek mümkündür.

Sürdürülebilir (yerel) kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç boyut üzerine üzerine inşa edildiği dikkate alındığında, paydaş bakış açısıyla ilçe özelinde sosyal ve çevresel boyutlara ilişkin etkilerin ekonomik boyutun oldukça gerisinde kalmış olması ilçenin SYK'sı açısından orta ve uzun vadede bir risk olarak görülebilir. Nitekim tüm etkiler içinde en fazla görüş bildirilerek öne çıkan ekonomik boyut altındaki turizm etkisi sayesinde ilçenin önemli bir cazibe merkezi haline gelmesi sözkonusudur. Bu durum ilçede kontrolsüz tesisleşme ve yapılaşmanın hızlanması ile birlikte altyapı sorunlarının artışı da beraberinde getirecektir. Bu ve benzeri kontrolsüz gelişmeler ve sorunlar konusunda yerel karar vericilerin dikkatli olmaları ve sürdürülebilir yerel kalkınmayı bütüncül bir bakış açısıyla ele alan (sosyal, ekonomik ve çevresel bileşenleri dikkate alan) planlamalara ve uygulamalara öncelik vermeleri önem arz etmektedir.

Bu noktada Şavşat özelinde sakin şehir üyeliğinin en fazla öne çıkan ve en fazla görüş bildirilen etki türü turizm olduğundan, yerel karar vericilere de yol gösterici olacak şekilde ilçe özelinde sakin şehir üyeliği ile ilçenin turizm faaliyetleri arasındaki ilişkiyi ayrıntılı ve farklı açılardan ele alan araştırmalar (her bir paydaş grubu ve etki türünü ayrı ayrı ve derinlemesine ele alan ya da turistler, çocuk belediyesi üyeleri gibi bu araştırmaya konu edilmeyen paydaşları da dikkate alan araştırmalar vb.) yapılması faydalı olacaktır.

Öte yandan Şavşat'ın sakin şehir üyeliğinin SYK'ya yönelik olumsuz etkilerine işaret ve eden paydaşlarca dile getirilen az sayıda da olsa görüşler (sakin şehir üyeliğinin

ilçeye bir fayda sağlamadığı, turist artışı getirmediği, konaklama sürelerini uzatmadığı, koruma altına alınan evlerde yöresel mimarinin dikkate alınmadığı ve Karagöl gibi turist çeken yerlerde çöp sorunun arttığı söz konusudur. Bahse konu olumsuz görüşler üzerinde yerel karar vericiler tarafından özellikle durulmalı ve her bir görüş detaylıca irdelenmelidir. Sorunun kökenine inilerek gerçek mi yoksa bilgi eksikliği ya da algı kaynaklı mı olduğu tespit edilerek sakin şehir üyeliğinin sürdürülebilirliğini sağlamaya yönelik stratejiler geliştirilmelidir.

Son olarak, Şavşat'ın SYK'sında meydana gelen değişimin ve yansımalarının değerlendirilerek gerekli tedbirlerin alınması ve stratejiler geliştirilmesi için bu araştırmada olduğu gibi sakin şehir üyeliğini ve sürdürülebilirliğini konu alan araştırmaların belli aralıklarla yapılması faydalı olacaktır.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen "Cittaslow (Sakin Şehir) Yaklaşımının Sürdürülebilir Yerel Kalkınmaya Etkisi: Şavşat İlçesi Örneği" başlıklı projeden (120K011) hazırlanmış olup, 9-11 Haziran 2022 tarihlerinde Artvin Çoruh Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen Uluslararası Ekoloji, Ekonomi ve Bölgesel Kalkınma Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuş ve özeti bildiri kitabında yayımlanmıştır.

Bu makalenin hazırlanmasına kaynak teşkil eden TÜBİTAK projesi (120K011) için Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulundan 25.12.2019 tarih ve 2019/10 sayılı karar ile etik kurul izni alınmıştır. Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKLAR

- Akça Ş (2006) Türkiye'de ilçe yönetiminin idari sorunları: Acıpayam, Buldan ve Serinhisar örnekleri. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- Akman E, Negiz N ve Akman Ç (2013) Sürdürülebilir bir kalkınma için yavaşça acele et (Festina Lente), (Editör B Özer ve G. Şeker) içinde, Yerel ve bölgesel kalkınma: küresel ve yerel bakış açıları Manisa: Celal Bayar Üniversitesi, ss. 37-54.
- Altunışık R, Coşkun R, Bayraktaroğlu S, Yıldırım E (2005) Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri: SPSS Uygulamalı [Research methods in social sciences: SPSS applied]. Sakarya: Sakarya Bookstore.

- Aydın İZ (2010) Ekoturizmin Türkiye orman köyleri kalkınmaları üzerindeki sosyo-ekonomik etkilerinin ölçümü (Artvin-Camili Biyosfer Rezerv Alanı örneği). Karadeniz Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Berber M, Genç MC, Baday Yıldız E (2015) TR90 Düzey 2 Bölgesindeki İlçelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması ve Sınıflandırılması. Doğu Karadeniz Kalkınma Ajansı, Trabzon.
- Braun V, Clarke V (2006) Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2):77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>
- Büyüköztürk Ş (2012) Örneklem Yöntemleri. <http://w3.balikesir.edu.tr/~msackes/wp/wp-content/uploads/2012/03/BAY-Final-Konulari.pdf>, Erişim tarihi: 02.04.2020.
- Çakıcı AC, Yenipınar U, Benli S (2014) Yavaş şehir hareketi: Seferihisar halkının tutum ve algıları ile yaşam doyumları. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 11(3):26-41.
- Çalık M, Sözbilir M (2014) İçerik analizinin parametreleri. *Eğitim ve Bilim*, 39(174): 33-38. <https://doi.org/10.15390/EB.2014.3412>
- Çelik AG, Kiper T (2020) Cittaslow: an alternative model for local sustainable development or just a myth? empirical evidence in the case of Taraklı, Turkey. *Quaestiones Geographicae*, 39(2):87-100.
- Çiçek D (2017) Bir kalkınma modeli olarak sakin şehirlerde yerel halkın turizm desteği: Ege-Marmara Bölgesi örneği. Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Cittaslow (2024) Association. <https://www.cittaslow.org/content/association>, Erişim tarihi: 27.03.2024.
- Coşar Y (2013) Yavaş şehir (Cittaslow) olgusunun turist davranışları ve yerel halkın kentsel yaşam kalitesi algısına etkileri. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Creswell JW (2021) Karma Yöntem Araştırmalarına Giriş. (3. Baskı) (Çev. Ed. M. Sözbilir), Ankara: Pegem Akademi.
- Demirayak İA (2014) Türkiye'de ilçe yönetim kademesinin yapısal ve işlevsel durumu: etkin ve katılımcı bir model deneme. Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
- Diñçer B, Özaslan M (2004) İlçelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması. DPT Yayınları, Ankara.
- Doğan M, Aksu M, Çelik Ö, Kaymak H (2014) Cittaslow markasının turizme etkisi: Seferihisar'daki konaklama işletmeleri yöneticileri üzerine bir araştırma. *International Journal of Social and Economic Sciences*, 4(2):6-11.
- Drisko JW, Maschi T (2016) Content Analysis. Oxford university press.
- Gruszecka-Tudor A, Gierańczyk W (2021) Overcoming socio-economic problems in crisis areas through revitalization of Cittaslow towns: evidence from North-East Poland. *Sustainability*, 13(14):7984.
- Hatipoğlu B (2015) Cittaslow: quality of life and visitor experiences. *Tourism Planning & Development*, 12(1):20-36.
- Hekimci F (2015) Sürdürülebilir yerel kalkınma ve yavaş şehirler. *Verimlilik Dergisi*, (4):77-112.
- İpek F (2021) Sürdürülebilir yerel kalkınma bağlamında sakin şehir (cittaslow) yaklaşımının sosyal, ekonomik ve çevresel etkileri: Şavşat ilçesi örneği. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Artvin.
- Kartal G (2019) Sürdürülebilir kalkınma anlayışına farklı bir bakış: Cittaslow Yavaş şehir hareketi ve sürdürülebilir kalkınma. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 21(36):9-18.
- Kültür ve Turizm Bakanlığı (2020a) İşletme (Bakanlık) Belgeli Tesis Konaklama İstatistikleri Yıllık Bültenler. <https://yigm.ktb.gov.tr/TR-201126/yillik-bultenler.html>, Erişim tarihi: 29.03.2020.

- Kültür ve Turizm Bakanlığı (2020b) Belediye Belgeli Tesis Konaklama İstatistikleri Yıllık Bültenleri. <https://yigm.ktb.gov.tr/TR-201129/yillik-bultenler.html>, Erişim tarihi: 29.03.2020.
- Ökten SSÖ (2015) Bir yerel kalkınma modeli olarak sakin şehir (cittaslow) kavramı: Seferihisar (İzmir) örneği. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Özer NB (2018) Türkiye'de kapitalizmin işleyişi sürecinde sakin şehir hareketi ve sürdürülebilirlik: Seferihisar örneği. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Öztürk A, Kayacan B (2021) Cittaslow (sakin şehir) yaklaşımının sürdürülebilir yerel kalkınmaya etkisi: Şavşat ilçesi örneği. Proje Sonuç Raporu (TÜBİTAK Proje No. SOBAG 120K011).
- Öztürk A, İpek F, Kayacan B (2023) Cittaslow (sakin şehir) yaklaşımının sürdürülebilir yerel kalkınmaya etkisi: Şavşat örneği. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(1):187-208. <https://doi.org/10.33206/mjss.1143649>
- Peker Say N, Türel HS, Güney ME, Baykan MN, Küçükerbaş EV, Yücel M, Ökten SÖ, Aysu A (2015) İzmir-Seferihisar'da sakinşehir (Cittaslow) kıstaslarına uygun alan kullanım önerilerinin geliştirilmesi ve bu kapsamda farklı ulaşım seçeneklerin değerlendirilmesi (Proje No. TÜBİTAK-ÇAYDAG 112Y010). <https://app.trdizin.gov.tr/proje/TVRVeU16SXk/izmir-seferihisar-da-sakin-sehir-cittaslow-kistaslarina-uygun-alan-kullanim-onerilerininelistirilmesive-bu-kapsamda-farkli-ulasim-seceneklerinin-degerlendirilmesi>, Erişim tarihi: 02.04.2020.
- Radstrom SJ (2005a) An urban identity movement rooted in the sustainability of place: a case study of slow cities and their application in rural Manitoba. Master's Thesis, Manitoba University, Winnipeg.
- Şahin İ, Kutlu SZ (2014) Cittaslow: sürdürülebilir kalkınma ekseninde bir değerlendirme. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 55-63.
- Şahin H (2019) Yavaş kent hareketi bağlamında kent pazarlama: Şavşat. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2024) Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırmaları. <https://www.sanayi.gov.tr/merkez-birimi/b94224510b7b/sege>, Erişim tarihi: 27.03.2024.
- Tabak HAC (2019) Sakin şehir uygulamasının yerel ekonomik kalkınma üzerine etkisi: Seferihisar örneği. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Tekin HH (2006) Nitel araştırma yönteminin bir veri toplama tekniği olarak derinlemesine görüşme. *İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Dergisi*, 3(13): 101-116.
- Türk Z, Tokmak M (2017) Sürdürülebilir yerel kalkınma kapsamında sakin şehir (cittaslow) hareketine yönelik Artvin-Şavşat yöneticileri üzerinde bir uygulama. *TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi*, 9 (36): 97-103.
- Yalçın A, Yalçın S (2013) Sürdürülebilir yerel kalkınma için cittaslow hareketi bir model olabilir mi?. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 5 (1):32-41.
- Yılmaz A, Tuncer M, Zorlu K (2016) Yavaş Şehir (sürdürülebilir yerel kalkınma) potansiyelinin belirlenmesine yönelik bir araştırma: Güzelyurt, Aksaray. *Studies of the Ottoman Domain*, 6 (10): 1-18.
- Yılmaz F, Gültekin L, Acar S, Meydan MC, Işık M, Kazancı LB, Özsan ME (2019) İlçelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması SEGE-2017. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü, Ankara.

Academic Productivity in the Context of Disasters: A Spatial Analysis of Landscape Architecture Departments in Türkiye

Afetler Bağlamında Akademik Üretkenlik: Türkiye'deki Peyzaj Mimarlığı Bölümlerinin Mekânsal Analizi

Nebahat KALKAN*¹ , Fatma Ayçim TÜNER BAŞKAYA² 

¹Adiyaman University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Adiyaman

²Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Istanbul

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1709714](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1709714)

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Nebahat KALKAN

e-mail: nkalkan0206@gmail.com

Geliş tarihi / Received

30.05.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

14.08.2025

Kabul tarihi / Accepted

01.09.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Keywords:

Disaster

Landscape architecture

Graduate academic productivity

Geographic information systems (GIS)

Anahtar kelimeler:

Afet

Peyzaj mimarlığı

Lisansüstü akademik üretkenlik

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS)

Abstract

This study analyzes the spatial relationship between landscape architecture departments and research universities across Türkiye and the disaster risk levels of their respective provinces. This research adopts the perspective that landscape architecture plays a critical role in disaster management, particularly as climate change, rapid urbanization, and environmental degradation intensify disaster risks. Methodologically, the researchers scanned a total of 2.397 theses comprising 1.904 master's and 493 doctoral dissertations published by the Turkish National Thesis Center between 2002 and 2023, and identified 62 disaster-themed theses through keyword-based classification. Disaster risk maps from the Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change of the Republic of Türkiye and university location information obtained from the Council of Higher Education (YOK) Atlas were analyzed using Geographic Information Systems (GIS). Using the obtained coefficient a and coefficient b values, the overall and disaster-focused productivity of landscape architecture departments was compared and correlated with spatial risks. The findings revealed that universities in provinces such as Ankara, Bursa, Van, and Düzce exhibited strong trends in both high overall productivity and disaster-focused theses production. In contrast, in some cities, despite high risk levels, disaster-themed production was low. Consequently, the analysis revealed that landscape architecture departments developed academic production with sensitivity to spatial risks and made critical contributions to topics such as post-disaster recovery, green infrastructure, and nature-based solutions. The study aims to contribute to providing scientific decision support in disaster planning through GIS-based analyses and to strengthening university-local government collaborations.

Özet

Bu çalışma, Türkiye genelindeki peyzaj mimarlığı bölümlerinin ve araştırma üniversitelerinin, buldukları illerin afet risk düzeyleriyle olan mekânsal ilişkisini analiz etmektedir. Araştırma, iklim değişikliği, hızlı kentleşme ve çevresel bozulmanın afet risklerini artırmasıyla birlikte, peyzaj mimarlığının afet yönetiminde kritik bir rol oynayabileceği yaklaşımını temel almaktadır. Yöntem olarak, 2002–2023 yılları arasında Türkiye Ulusal Tez Merkezi'ndeki 1.904 yüksek lisans ve 493 doktora tezi (toplam 2.397) taranmış; anahtar sözcük temelli sınıflama ile 62 afet temalı tez belirlenmiştir. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın afet risk haritaları ve YÖK Atlas'tan alınan üniversite konum bilgileri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen katsayı a ve katsayı b değerleriyle, peyzaj mimarlığı bölümlerinin genel ve afet odaklı üretkenliği karşılaştırılmış ve mekânsal risklerle ilişkilendirilmiştir. Bulgular, Ankara, Bursa, Van ve Düzce gibi illerdeki üniversitelerin hem yüksek genel üretkenlik hem de afet odaklı tez üretiminde güçlü eğilimler sergilediğini, bazı şehirlerde ise yüksek risk düzeyine karşın afet temalı üretimin düşük olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, peyzaj mimarlığı bölümlerinin mekânsal risklere duyarlılıkla akademik üretim geliştirdiği; afet sonrası iyileştirme, yeşil altyapı ve doğa-temelli çözümler gibi konularda kritik katkılar sunduğu belirlenmiştir. Çalışma, CBS tabanlı analizlerle afet planlamasında bilimsel karar desteği sağlanmasına ve üniversite yerel yönetim iş birliklerinin güçlendirilmesine katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

INTRODUCTION

Climate change, rapid urbanization, overuse of natural resources, and environmental degradation have significantly increased the frequency and severity of disasters in the 21st century, seriously threatening the physical structure of cities and the resilience of societies

to disasters (Dwiraahmadi et al. 2019). The 35% increase in the number of large-scale disasters in Türkiye between 2000 and 2023 alone highlights the importance of risk reduction strategies (Özsalman and Yıldırım 2024). Disasters not only cause loss of life and property, but also leave lasting impacts on social structure, environmental

sustainability, and economic stability (Yin 2024). Therefore, developing strategies to reduce disaster risks and integrating them into spatial planning processes plays a decisive role in increasing societal resilience (Başkaya 2023).

Spatial planning encompasses multidimensional processes such as protecting natural thresholds, limiting the use of endangered areas, and preparing post-disaster recovery scenarios (Erdoğan and Öztürk 2019). The effectiveness of these processes increases with the contribution of professional fields that can evaluate nature-human interactions in a multi-scale and interdisciplinary manner (Kaya and Uzun 2019). Landscape architecture is one of the disciplines that directly contributes to the disaster management process by developing highly ecologically sensitive spatial solutions (Aksoy et al. 2020). It provides the scientific basis for risk assessments and response plans by analyzing the relationships between land use, topography, hydrography, natural areas, and settlements (Kondo et al. 2018). It also develops strategies such as permeable surface designs, nature-based solutions, and green infrastructure networks against floods, landslides, earthquakes, and fires (Duvernoy and Gambino 2021).

Disaster risk maps are strategic tools used in the spatial planning process to predict the spatial impacts of hazards, determine their probabilities, and assess potential damage. They play a key role in identifying risky areas and guiding planning decisions, particularly in regions under pressure from urbanization. Increasing hydrological imbalances and topographic vulnerabilities due to climate change have necessitated spatial modeling of disaster risks and their integration into administrative decisions (Yılmaz and Tezer 2023).

Geographic Information Systems (GIS) provide a robust infrastructure for such analyses, enabling scientifically based mapping of disaster risks and the integration of spatial analyses into planning processes (Çabuk 2014). GIS-based approaches are increasingly being used in landscape architecture research and offer applicable outputs for developing post-disaster recovery scenarios and risk reduction strategies (Graham et al. 2022).

Provinces in Türkiye where research universities are located, despite their high level of development, exhibit high vulnerability to many types of disasters. Landscape architecture departments at these universities contribute to the preparation of disaster risk maps with their technological infrastructure and interdisciplinary interaction capacity, and they develop risk reduction strategies through collaborations with local governments. Postgraduate theses are one of the most concrete indicators of this production (Kalkan and Başkaya 2024). However, the existing literature lacks comprehensive research systematically examining the spatial relationships between disaster risk and academic productivity in the field of landscape architecture.

This study aims to reveal the potential role of landscape architecture departments in disaster management in Türkiye through their academic production capacity and the production of disaster-themed theses using GIS-based spatial analysis. In this context, coefficient a (general thesis production capacity) and coefficient b (disaster-themed production level) indicators, normalized by year of production, were developed. This approach allows for fair comparisons across universities of varying ages and sizes, providing a data-based perspective for both academic strategy development and disaster management policies. Thus, the landscape architecture perspective, which has received limited attention in the disaster management literature, offers a unique contribution to the literature with its interdisciplinary, innovative, and practical perspective.

MATERIAL AND METHODS

This study examines how disaster risk levels spatially correspond to the locations of landscape architecture departments and research universities in Türkiye. The analysis jointly evaluates postgraduate thesis data, disaster risk maps, and university location information. The study employs Geographic Information Systems (GIS)-based mapping and comparative coefficient analyses. The methodological process consists of four stages: (i) research area and university selection, (ii) data

collection, (iii) calculation of academic productivity coefficients, and (iv) mapping and visualization.

Stage 1. Research Area and University Selection

This study draws on the findings of a doctoral thesis defended in 2024. The data used includes figures updated as of 2023. The scope of the study consists of universities offering graduate-level landscape architecture education across Türkiye. The authors identified universities through the Council of Higher Education (YOK) Atlas database and included departments with active postgraduate programs in the study. This selection was made to enable comparative analysis across universities and to assess the levels of disaster-themed theses production consistently. Additionally, research universities, as defined by the Council of Higher Education (YÖK), were considered a separate focal point due to their scientific production capacity and the leading role they play in disaster-themed research. These institutions were represented by different symbols during the spatial analysis process and analyzed comparatively.

Stage 2. Data Collection

Three main data sets were used in the research. Thesis Data: Master's and doctoral theses accessed from the Council of Higher Education National Thesis Center between 2002 and 2023 were examined. These were classified according to their subjects, and disaster-themed ones were additionally coded and separated. The classification criteria used in disaster-themed theses were developed considering the types of disasters observed in Türkiye and disaster terms commonly used in the literature. In this regard, a total of 23 keywords directly related to disaster risk, such as "earthquake, flood, overflow, tsunami, fire, landslide, climate change, disaster management," were identified. The keywords were used to systematically scan the master's and doctoral theses conducted in the Department of Landscape Architecture in the Council of Higher Education Thesis Center database. Theses whose suitability for the keywords was confirmed were included in the study, and a total of 62 theses were examined in detail.

Disaster Risk Data: T.R. Türkiye Disaster Risk Maps published by the Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change were used. The data includes earthquake, flood, landslide, rockfall, and avalanche hazard types.

University Location Data: Geographic coordinate information and status of universities (whether they are research universities) were obtained from the YOK Atlas and the official university websites and transferred to the GIS environment.

Stage 3. Calculating Academic Productivity Coefficients

The coefficient a and coefficient b indicators developed in this study are based on a comparison method that standardizes the postgraduate theses production performance of higher education institutions by taking into account the number of years the institutions have been in operation. Coefficient a reveals institutional productivity by calculating the total number of postgraduate theses per active production year since the university's establishment. Coefficient b applies the same calculation method to disaster-themed theses, thereby quantifying the level of academic orientation towards disaster topics. This method eliminates temporal advantages or disadvantages in comparing universities of different ages and sizes. It serves as a preliminary analysis tool examining the spatial distribution of disaster-themed academic production. Evaluating these two indicators together provides a comparative overview of universities' academic orientations in both general scientific productivity and disaster management. However, because the coefficients reflect only production volume, qualitative dimensions such as research depth, interdisciplinary interaction, or academic impact are excluded from the scope of this study.

Stage 4. Mapping and Visualization Process

All data obtained in the study were processed and visualized using ArcGIS 10.3.1 software to perform spatial analyses and create thematic maps. The mapping process was carried out in the following steps:

- Universities offering graduate-level landscape architecture education across Türkiye were placed on the map using geographic coordinate information.
- Risk data for disaster types such as earthquakes, floods, landslides, rockfalls, and avalanches were taken from the Turkish Disaster Risk Maps and classified according to risk levels, and separate thematic layers were created for each disaster type.
- Coefficient a and coefficient b values were visualized using point symbols and color scales to facilitate spatial comparison.
- Research universities were distinguished on the maps with different symbols, and their disaster-themed academic production levels were analyzed comparatively with those of other universities. This approach enabled the spatial evaluation of academic productivity indicators together with disaster risk levels; Thus, the relationship between the disaster-focused academic contributions of universities and the risk profile of the region in which they are located has been revealed holistically.

FINDINGS

This study examined the spatial overlap between disaster risk levels and the provinces where landscape architecture departments are located across Türkiye. The coefficient a, representing the general thesis production capacity of universities, and the coefficient b, representing the disaster-themed thesis production capacity, were comparatively evaluated. The findings reveal the relationship between both general academic productivity and disaster-focused orientations and the disaster risk profile of the regions where universities are located. The coefficient a and coefficient b values presented in Table 1 reveal the general academic productivity and disaster-themed productivity levels of landscape architecture departments in Türkiye. They are an important data source for analyzing the quantitative and qualitative dimensions of research output in the Turkish higher education system.

Table 1. The distribution of universities according to their coefficient a/b scores (Kalkan and Başkaya 2024)

Universities with the Highest t Score	Coefficient_a (t/y)	Total_Graduate_Thesis (t)	Total_Production_Year (y)
Ankara University	12.67	469	37
Süleyman Demirel University	7.47	127	17
Van Yüzüncü Yıl University	6.57	46	7
İnönü University	6.2	31	5
Bartın University	6.06	91	15
Bursa Uludağ University	5.4	27	5
İstanbul Technical University	5.18	140	27
Namık Kemal University	5.16	31	6
Düzce University	5	80	16
Çukurova University	4.82	241	50
Universities with the Highest d Score	Coefficient_b (d/y)	Number_of_Thesis_Related_to_Disaster (d)	Total_Production_Year (y)
Bursa Technical University	1.66	5	3
İnönü University	1	5	5
Recep Tayyip Erdogan University	1	2	2
Van Yüzüncü Yıl University	0.57	4	7
Namık Kemal University	0.5	3	6
Kastamonu University	0.28	2	7
Düzce University	0.25	4	16
İzmir Demokrasi University	0.25	1	4
Yeditepe University	0.25	1	4
Çankırı Karatekin University	0.2	1	5

Table 1 lists the leading universities according to the coefficient a and coefficient b values. The institution with the highest coefficient_a is Ankara University (12.67), which has demonstrated a strong and sustainable academic capacity by producing a total of 469

postgraduate theses over a 37-year production period. Following this are Süleyman Demirel University (7.47), Van Yüzüncü Yıl University (6.57), and İnönü University (6.20). These institutions maintain a balanced productivity both numerically and over time. Higher

coefficient values are also noted in universities with relatively younger foundations, such as Bartın University (6.06) and Namık Kemal University (5.16). A lower coefficient for a well-established institution like Çukurova University (4.82) suggests that production is spread over longer time intervals or that there is seasonal variability in these productions.

An examination of the coefficient *b* values reveals that Bursa Technical University (1.66) has the highest rate of disaster-themed theses production. The production of a total of five disaster-themed theses in just three years demonstrates a strategic orientation in the field of disaster management. İnönü University (1.00) and Recep Tayyip Erdoğan University (1.00) are also among the universities focusing on disaster-focused studies, demonstrating the relationship between these institutions' locational risk awareness and their academic focus. It is noteworthy that universities located in high-disaster risk regions, such as Van Yüzüncü Yıl University (0.57) and Düzce University (0.25), also have high disaster-themed productivity coefficients.

Some universities demonstrate a balanced academic profile by exhibiting high performance in both indicators. İnönü University stands out, ranking high in both overall productivity and the production of disaster-themed theses. Van Yüzüncü Yıl University similarly demonstrates strong performance in both indicators. Despite its high coefficient *a*, Ankara University does not rank among the top disaster-themed theses. Conversely, Bursa Technical University, while ranking lower in overall productivity, leads in disaster-focused production. These differences reflect the direction of institutional strategies, the weighting of specialized fields, and the research interests of faculty.

While universities in Istanbul hold a strong position in terms of overall academic productivity, they contribute more limitedly to disaster-themed productivity. This

suggests that the research priorities of universities in metropolitan areas are directed towards different thematic areas rather than environmental risks. Institutions such as Namık Kemal University, Kastamonu University, and Çankırı Karatekin University demonstrate a specific concentration of disaster-themed theses, but this trend has not become systematic.

Data indicate that universities with more recent foundations are increasing their tendency towards disaster-themed academic production. This increase is particularly pronounced in universities located in high-risk regions. Universities in provinces such as Düzce, Van, Bursa, and Rize are focusing on disaster management in line with their geographical location and developing academic sensitivity to local vulnerabilities.

The overall picture reveals that the disaster-themed academic production capacity of landscape architecture departments in Türkiye is not homogeneously distributed; rather, it varies depending on geographic location, institutional strategy, and academic orientation. These findings show that institutions with high coefficients can lead collaborations to increase knowledge in the field of disaster management. In contrast, institutions with low coefficients need to develop new academic strategies to improve their awareness in this field.

Figure 1 presents the spatial distribution of universities offering graduate-level landscape architecture education across Türkiye. Provinces marked in gray on the map represent locations with landscape architecture departments, while research universities are also indicated with symbols. This distribution demonstrates the geographical expansion of landscape architecture education in Türkiye and the potential contributions of higher education institutions in various provinces to areas such as regional planning, environmental planning, and disaster risk management.

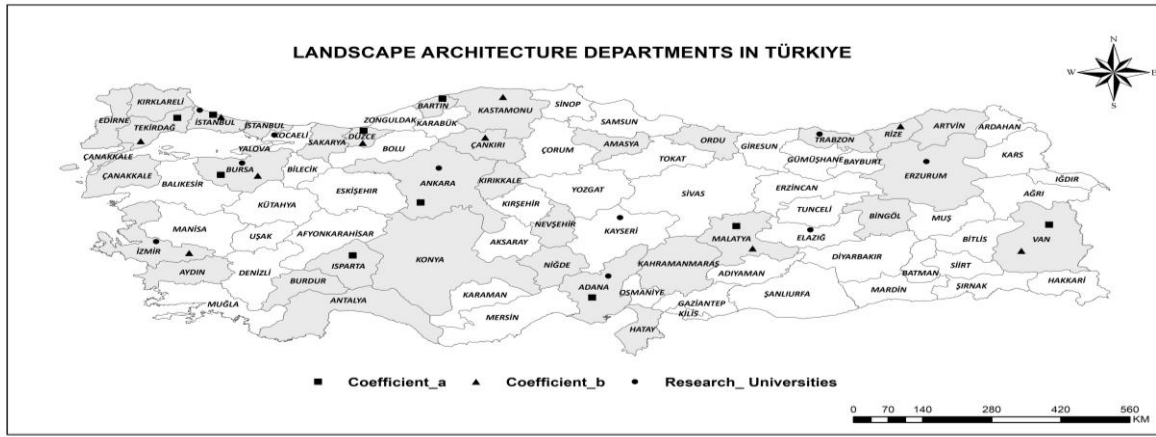


Figure 1. Distribution of landscape architecture departments and research universities (Kalkan and Başkaya 2024)

According to the coefficient a and coefficient b values reflecting the production levels of universities, academic concentrations in specific centers are striking. These coefficients are high in provinces such as Ankara, Bursa, Van, Düzce, and Isparta, and these universities appear to play a more active role in both general academic production and disaster-themed studies. These provinces are notable examples not only in terms of student capacity but also in terms of scientific production related to regional risks. Many research universities are located in cities with high populations and well-developed academic infrastructures. The map reveals that these institutions function as central bodies directing academic production in their regions and play decisive roles in disaster-themed studies. Figure 1 provides not only a geographic distribution but also an analytical framework that visualizes how academic trends are shaped at the regional level and the potential impact areas of landscape architecture departments.

Figure 2 presents an integrated risk map that assesses the provinces where landscape architecture departments are located across Türkiye, along with various disaster types (earthquakes, floods, avalanches, landslides, and rockfalls). The red, yellow, pink, and brown dots on the map demonstrate that Türkiye has a highly complex risk profile in terms of disaster diversity and intensity. Red-dense areas represent active fault lines and areas where past earthquakes have been concentrated. Landscape architecture departments are located in cities such as Istanbul, Düzce, Erzurum, and Izmir, along the North Anatolian Fault (NAF), the East Anatolian Fault (EAF), and the tectonic zones in Western Anatolia. The fact that these universities are located in regions with a high earthquake risk necessitates that the discipline directly contribute to disaster-focused planning processes. High expectations are placed on these departments in areas such as earthquake resilience, spatial risk analysis, and post-disaster restoration (Figure 2).

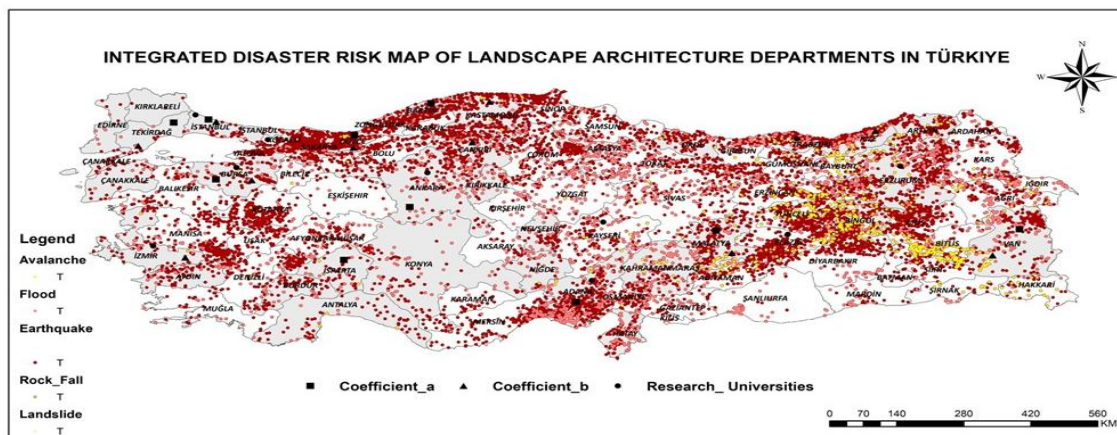


Figure 2. Spatial Distribution of landscape architecture departments and disaster risk levels (Kalkan and Başkaya 2024)

Avalanche risk areas, marked with yellow dots, are particularly concentrated in the Eastern Anatolia and Black Sea regions. Provinces like Erzurum, Trabzon, Van, and Bingöl coexist with both avalanche hazard and landscape architecture education, increasing the need for disaster-focused landscape planning in these areas. Considering the terrain's slope, climatic conditions, and snow cover, nature-based solutions developed by landscape architecture departments in these regions could be effective in reducing disaster risks. Pink dots indicate flooding, particularly concentrated in the Black Sea and Marmara regions. Topographical structure and heavy rainfall in the Black Sea region, along with rapid urbanization and industrial activity in the Marmara region, exacerbate this risk. Integrating these risks into landscape architecture programs leads to specialization in themes such as water management, permeable surface planning, and green infrastructure. Research universities located in flood-prone areas have the potential to develop interdisciplinary solutions. Brown dots represent rockfall risk, particularly concentrated in the mountainous regions of the Eastern Black Sea region, Eastern Anatolia, and Central Anatolia. In these areas, vegetation, slope control, and geotechnical practices must be integrated. Landscape architecture departments can develop environmentally compatible designs to protect against rockfalls, both preserving environmental integrity and securing residential areas. Landslide hazards are particularly pronounced in the Black Sea and Eastern Anatolia regions, where gray areas mark them. The Black Sea's steep slopes and intense rainfall are among the primary factors that increase this risk. Land use planning, erosion control, and soil stabilization efforts undertaken by landscape architects in these regions reduce disaster risk. Universities can develop ecosystem-based disaster management strategies in this context. Another striking finding on the map is that some universities in provinces with high disaster risk also have high coefficient b values. Bursa, Ankara, Van, Düzce, and Kastamonu, in particular, stand out in terms of both high disaster risk and graduate thesis production capacity. This suggests that universities are allocating more resources and attention to disaster-focused academic activities. The increase in disaster-themed theses at newly established universities may be linked to the orientation of academic staff and regional

risk awareness. For example, Recep Tayyip Erdoğan University, Van Yüzüncü Yıl University, Bursa Technical University, and Düzce University, in addition to being located in high-risk regions, also exhibit a high concentration of disaster-themed thesis production. The limited academic production on disasters in provinces with low coefficients highlights the need for greater investment in disaster-focused research at these universities. It is of strategic importance at the national level for landscape architecture departments to take a more active role in post-disaster recovery, resilient green infrastructure planning, and nature-based solution development, particularly in regions at high risk of earthquakes, floods, and landslides.

The findings revealed that landscape architecture departments in Türkiye do not exhibit a homogeneous distribution in terms of academic productivity and disaster-themed work. This variation across universities indicates not only current production levels but also potential areas for collaboration in the future for disaster risk reduction and landscape planning policy development. Therefore, it is crucial to consider the obtained spatial and quantitative data as a fundamental reference for developing strategies to strengthen the disaster-focused academic capacity of both high- and low-scoring institutions.

DISCUSSION

The findings of this study reveal that a significant portion of landscape architecture departments in Türkiye are located in high-disaster risk areas, and this situation drives disaster-themed academic production. The intensive production of disaster-related theses by institutions such as Van Yüzüncü Yıl University, Düzce University, Bursa Technical University, and İnönü University, particularly following large-scale earthquakes, demonstrates that the academic agenda directly interacts with spatial risk factors. This finding aligns with the concept of spatial vulnerability defined by Huo et al. (2012) and supports the synchronization of academic production with environmental conditions (Huo et al. 2012).

Ankara University stands out for its limited number of disaster-themed theses, despite its high overall thesis production coefficient. This suggests that, in addition to spatial risk perception, academic specializations also play a role in production differences among universities. This limitation can be explained by the university's location in a low-disaster risk region and its research agenda being focused more on specific, specialized areas. A similar study conducted by Zhou et al. (2014) also found that the risk zones in which universities are located influence thesis production themes. This suggests a significant spatial relationship between disaster risk and academic production coefficients (Zhou et al. 2014).

The limited production of disaster-themed theses in high-risk regions like Istanbul can be explained by a shift in academic orientation toward other themes or the diversion of research funds to non-disaster topics. This suggests a strategic disconnect in the integration of academic production with disaster management policies at the national level. It is possible to bridge this gap with national research agendas, interdisciplinary collaborations, and targeted incentive mechanisms that will strengthen policy-research interaction (Demir et al. 2022). The recent shift towards disaster-focused theses production by universities with established academic structures since their founding demonstrates both an awareness of local needs and the shaping of research policies in a way that considers environmental risks. However, the sustainability of this trend has not yet been tested in the long term. Future bibliometric time-series analyses can more clearly assess whether this trend translates into long-term scientific productivity.

The discipline of landscape architecture can contribute not only to the replanning of the built environment in disaster management but also to the restoration of ecological systems, the development of nature-based solutions, and the integration of green infrastructure strategies (Rusche et al. 2019). The multiple functions of green infrastructure practices, such as flood risk reduction, heat island mitigation, and carbon sequestration, are becoming increasingly important in disaster risk reduction strategies (Singh et al. 2020, Irfeey et al. 2023). This aligns with the "ecosystem-based

disaster management" approach. The appropriate design and integration of green infrastructure is considered a critical land use strategy in managing the impacts of natural disasters, especially in cities.

Kabisch et al. (2016) examines how nature-based solutions can be used to combat and adapt to climate change. The study highlights the role of green spaces and infrastructure in cities' climate and air quality, while also providing important findings on carbon capture and storage. Increasing green spaces not only provides ecological benefits but also contributes to improving air quality in cities and adapting to climate change (Kabisch et al. 2016).

A study by Wang et al. (2023) highlights the importance of carbon sequestration in urban green spaces. The research emphasizes the need for structured and managed urban ecosystems and highlights the importance of careful ecosystem management to increase the carbon sequestration potential of these structures (Wang et al. 2023). Such practices have the potential to accelerate post-disaster recovery processes.

Shao and Kim (2022) provide a comprehensive review examining the functions of different types of green infrastructure in mitigating urban heat island effects. It explains how green roofs, parks, and other green spaces can help control temperature rise in urban areas, detailing their multiple benefits (Shao and Kim 2022). Such approaches play a critical role in enhancing ecosystem services and reducing disaster risks.

While the majority of existing studies on the relationship between disaster risk and spatial planning are conducted within the scope of engineering and urban planning disciplines, studies addressing the spatial contributions of landscape architecture departments in the context of disaster management are quite limited. However, spatial planning has the potential to increase the resilience of settlements by organizing the physical environment, integrating social and economic elements, and considering risks in reducing disaster risks (Dişkaya and Emir 2021). Integrating this approach with nature-based solutions contributes to the development of resilient

cities by supporting the continuity of ecosystem services. The discipline of landscape architecture, on the other hand, undertakes multidimensional functions such as protecting spatial thresholds, developing post-disaster recovery scenarios, and reducing social vulnerabilities (Plue et al. 2022, Dandoulaki et al. 2023). A study conducted in Taiwan examined in detail the impact of green infrastructure on post-disaster recovery. Hsu and Chao's article, "Economic Valuation of Green Infrastructure Investments in Urban Renewal: The Case of the Station District in Taichung, Taiwan," highlights the potential for green infrastructure to provide rapid economic returns and explores the role of these investments in post-disaster recovery processes. The study presents findings that green infrastructure not only provides aesthetic and ecological benefits but also reduces long-term economic costs (Hsu and Chao 2020). Similar studies conducted in Türkiye will allow for more comprehensive inferences regarding the discipline's post-disaster response capacity.

In this study, GIS-based spatial analyses enabled a comparative and temporal examination of the spatial relationship between disaster risk and academic production coefficients. The findings indicate significant spatial overlap between high thesis production levels and disaster risk intensity in provinces such as Van, Bursa, and Düzce. These suggest that academic productions should be evaluated, not only with quantitative indicators but also within the geographical context (Kalkan and Başkaya 2024).

However, advanced spatial statistical methods are needed to conduct such analyses more thoroughly and reliably. Techniques such as Moran's I, Local Moran's I, and Getis-Ord Gi, in particular, enable the detection of spatial autocorrelation at both the global and local levels, enabling more precise identification of spatial patterns (Vu et al. 2021). Furthermore, supporting these analyses with interactive visualization tools and dynamic mapping techniques will produce more accessible and interpretable outputs for decision-makers.

The coefficient a and coefficient b indicators used in this study allowed for a standardized comparative analysis of universities' thesis production potential. However, these indicators cannot directly measure qualitative dimensions such as the academic impact of theses, policy implications, or interdisciplinary impact. In future research, it is recommended that these indicators be used in conjunction with citation analyses, social network analyses, and content analysis. Furthermore, systematically scanning open data sources (e.g., Scopus, Web of Science, Google Scholar, etc.) will increase data reliability.

In light of all the findings, this study proposes a model specific to the landscape architecture discipline: the "Spatial Academic Orientation Model (SAYM). This model is built on three components: (1) Regional Disaster Risk (geophysical vulnerability), (2) Academic Production Momentum (number and density of theses), and (3) Institutional Adaptive Capacity (the university's potential to respond to local risks). The model enables the analysis of scientific production behavior of universities in a spatial context and can be used as a decision support tool for disaster-focused academic planning at the national level.

Overall, landscape architecture departments in Türkiye, with their locations in high-risk disaster areas and their academic potential, have the potential to play a strategic role in shaping national disaster management policies. To effectively utilize this potential, universities must strengthen their collaboration with local governments, support nature-based solution approaches, and integrate into spatial decision support systems. Thus, the discipline of landscape architecture will make tangible contributions to enhancing both environmental and societal resilience throughout the entire process of pre-disaster risk reduction, disaster management, and post-disaster recovery.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This study examines the relationships between the spatial distribution of landscape architecture departments in Türkiye and disaster risk levels using GIS-based analyses, and holistically assesses the patterns between academic production capacity and disaster-themed theses. The findings reveal that a significant portion of landscape architecture departments are located in provinces at high disaster risk, with provinces such as Bursa, Ankara, Van, and Düzce demonstrating high performance in terms of both overall productivity (coefficient a) and disaster-themed theses (coefficient b). However, despite high risk levels in some metropolitan cities, the limited production of disaster-themed theses suggests a lack of direct correlation between spatial vulnerability and academic orientation. The trend toward disaster-focused production observed in newly established universities suggests that the academic research agenda in Türkiye is becoming more responsive to regional needs.

The unique contribution of this study is that it offers a data-based perspective on both disaster management policies and academic strategy development processes by analyzing the location of landscape architecture departments in high-risk disaster areas and their academic production trends. The resulting spatial data provides concrete guidance for strengthening the scientific and practical contribution capacity of landscape architecture in high-risk disaster areas.

A Disaster-themed thesis was identified in the study based on the titles and keywords used in the theses. Due to terminological differences and author preferences, some studies may not be classified as disaster-themed. Furthermore, this study relies solely on a quantitative dataset and does not directly measure qualitative dimensions such as thematic depth, level of interdisciplinary contribution, or academic impact. This leads to partial deficiencies in determining the level of disaster-focused production, limiting the scope of the findings.

Based on the findings, the following recommendations have been developed: Research agendas should be supported in landscape architecture departments located in high-disaster-risk provinces to increase the production of disaster-themed graduate theses; academic planning and funding mechanisms should be established to encourage a focus on disaster topics at universities in high-risk regions with low coefficient b values; the trend toward disaster-focused production observed in newly established universities should be strengthened and sustained through interdisciplinary and field-focused projects; and research universities in disaster-prone regions should actively contribute to disaster planning and risk reduction efforts in collaboration with local governments. Furthermore, the spatial analysis and coefficient-based assessment approach used in this research can be applied to different disciplines and other types of environmental risk to develop comparative models. Examining disaster-themed thesis production through a time series will allow for the dynamic monitoring of changes in academic trends.

Overall, landscape architecture departments in Türkiye, with their location in high-risk disaster areas and their academic potential, have the potential to play a strategic role in shaping national disaster management policies. To effectively utilize this potential, it is crucial for universities to strengthen their collaboration with local governments, support nature-based solution approaches, and integrate into spatial decision support systems.

In this respect, this study offers a theoretical contribution to disaster risk-based spatial planning approaches from a landscape architecture perspective; it proposes a unique framework that analyzes the knowledge production dynamics shaped by universities' risk-society-academia triangle. By demonstrating that the discipline should play an active role in pre-disaster risk reduction and resilience-enhancing processes, rather than post-disaster, it adds a new dimension to conceptual discussions regarding the future role of landscape planning.

AUTHOR'S NOTE

This paper has been produced from the author's doctoral thesis completed in and has been prepared based on the data and analyses derived from the thesis.

REFERENCES

- Aksoy T, Erdoğan Ö, Çabuk SN (2020) Peyzaj tasarım süreçlerinde coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı: Eskişehir şehri Derya Parkı için en kısa yolların ve seyir terası konumlarının belirlenmesi. *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B, Teorik- Bilimler*, 8(1):73–87. <https://doi.org/10.20290/estubtdb.616575>
- Başkaya FAT (2023) Afete duyarlı peyzaj planlaması, depremler ve Türkiye. *Peyzaj*, 5(1):55–62.) DOI: 10.53784/peyzaj.1316459
- Çabuk SN (2015) CBS'nin yerel yönetimlerde kullanımı ve kent bilgi sistemleri. *Harita Teknolojileri Dergisi*, 7(3):69–87. <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/hartek/article/view/5000162006>
- Çoban H (2019) Afet sonrası iyileştirme planı hazırlanması. *Resilience*, 3(2):239–246. <https://doi.org/10.32569/resilience.618181>
- Dandoulaki M, Lazoglou M, Pangas N, Serrao K (2023) Disaster risk management and spatial planning: evidence from the fire-stricken area of Mati, Greece. *Sustainability*, 15(12):9776. <https://doi.org/10.3390/su15129776>
- Demir A, Kemeç S, İlke FD (2022) Afet riski değerlendirmelerinde çoklu tehlike analizi: Erciş, Van örneği. *Resilience*, 6(1):15–38. <https://doi.org/10.32569/resilience.1013912>
- Dişkaya F, Emir Ş (2021) AHP-TOPSIS bütünlük yaklaşımıyla deprem riski tabanlı İstanbul ili kentsel dönüşüm öncelik sıralaması. *Afet ve Risk Dergisi*, 4(2):203–223. <https://doi.org/10.35341/afet.983105>
- Duvernoy I, Gambino M (2021) Where to find nature? connecting with nature in urban and non-urban areas in Southwestern France. *Geo Journal*, 87(4):2771–2786. [https://doi.org/10.1007/s10708-021-103928\(0123456789](https://doi.org/10.1007/s10708-021-103928(0123456789)
- Dwirahmadi F, Rutherford S, Phung D, Chu C (2019) Understanding the operational concept of a flood-resilient urban community in Jakarta, Indonesia, from the perspectives of disaster risk reduction, climate change adaptation and development agencies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20):3993. <https://doi.org/10.3390/ijerph16203993>
- Erdoğan G, Öztürk B (2019) Sürdürülebilir kentleşme: Dokuma kenti Buldan örneği. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD)*, 4(0):51–68. <https://doi.org/10.30785/mbud.443568>
- Graham O, Edwards S, Robertson R (2022) Managing stakeholder relationships for improved situation awareness during volcanic emergencies: An Eastern Caribbean case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 67:102656. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102656>
- Hsu K, Chao J (2020) Economic valuation of green infrastructure investments in urban renewal: the case of the station district in Taichung, Taiwan. *Environments*, 7(8):56. <https://doi.org/10.3390/environments7080056>
- Huo X, Li H, Sun D, Zhou L, Li B (2012) Combining geostatistics with Moran's I analysis for mapping soil heavy metals in Beijing, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(3):995–1017. <https://doi.org/10.3390/ijerph9030995>
- Irfeey AMM, Chau H, Sumaiya MMF, Wai CY, Muttill N, Jamei E (2023) Sustainable mitigation strategies for urban heat island effects in urban areas. *Sustainability*, 15(14):10767. <https://doi.org/10.3390/su151410767>
- Kabisch N, Frantzeskaki N, Pauleit S, Naumann S, Davis M, Artmann M, Bonn A (2016) Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society*, 21(2). <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08373-210239>
- Kalkan N, Turer Baskaya FA (2024) Evaluation of graduate theses of landscape within the disaster-prone country of Türkiye. *SAUC-Journal: Spatial Arts and Urban Culture*, 10(3). <https://doi.org/10.25765/sauc.v10i3.927>
- Kaya M, Uzun O (2019) Ekosistem hizmetleri ve mekânsal planlama ilişkisinin peyzaj planlama çerçevesinde değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(3):2166–2193. <https://doi.org/10.29130/dubited.546496>
- Kondo MC, Fluehr J, McKeon TP, Branas CC (2018) Urban green space and its impact on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3):445. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030445>
- Özsalman E, Yıldırım UT (2024) 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin dış ticaret üzerindeki etkileri: 11 il örneği. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 15(1-Deprem Özel Sayısı):598–617. <https://doi.org/10.54688/ayd.1411837>
- Plue J, Kimberley A, Bullock JM, Hellemans B, Hooftman DAP, Krickl P, Honnay O (2022) Green infrastructure can promote plant functional connectivity in a grassland species around fragmented semi-natural grasslands in NW-Europe. *Ecography*, 2022(10). <https://doi.org/10.1111/ecog.06290>
- Rusche K, Reimer M, Stichmann R (2019) Mapping and assessing green infrastructure connectivity in European city regions. *Sustainability*, 11(6):1819. <https://doi.org/10.3390/su11061819>
- Shao H, Kim G (2022) A comprehensive review of different types of green infrastructure to mitigate urban heat islands: progress, functions, and benefits. *Land*, 11(10):1792. <https://doi.org/10.3390/land11101792>
- Singh AK, Singh H, Singh J (2020) Green Infrastructure of Cities: An Overview. *Proceedings of the Indian National Science Academy* 86.
- Vu TD, Nguyễn T, Hoang A (2021) Spatial clustering analysis of the COVID-19 pandemic: a case study of the fourth wave in Vietnam. *Geography, Environment, Sustainability*, 14(4):140–147. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-086>
- Wang H, Feng Y, Ai L (2023) Progress of carbon sequestration in urban green space based on bibliometric analysis. *Frontiers in Environmental Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1196803>
- Yılmaz Mutlu M, Tezer A (2023) İklim değişikliğine mekânsal uyum ve azaltım yaklaşımlarında toprak ekosistem servislerinin rolü. *Resilience: Journal of Urban Affairs*, 7(2):305–324. <https://doi.org/10.32569/resilience.1315596>
- Yin Z (2024) Sustainable urban planning and climate change adaptation: disaster protection strategies for global urban development. *Lecture Notes in Education Psychology and Public Media*, 46(1):60–65. <https://doi.org/10.54254/2753-7048/46/20230587>
- Zhou Y, Li N, Wu W, Wu J, Shi P (2014) Local spatial and temporal factors influencing population and societal vulnerability to natural disasters. *Risk Analysis*, 34(4):614–639. <https://doi.org/10.1111/risa.1219>

B7 Elazığ Bölgesinde Yetişen *Centaurea*, *Psephellus* ve *Cyanus* Cinslerine Ait Türler Üzerine Palinolojik Bir İnceleme

Palynological Investigation of the Genera *Centaurea*, *Psephellus*, and *Cyanus* Growing in the B7 Elazığ Region

Kürşat KARGÜN*¹ 

¹Fırat Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı, Elazığ

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1751688

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Kürşat KARGÜN

e-mail: kkgun@firat.edu.tr

Geliş tarihi / Received

26.07.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

06.09.2025

Kabul tarihi / Accepted

07.09.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Centaurea

Cyanus

Psephellus

Palinoloji

Polen morfolojisi

Keywords:

Centaurea

Cyanus

Psephellus

Palynology

Pollen morphology

Özet

Bu çalışma, B7 Elazığ karesinde doğal olarak yetişen *Centaurea*, *Psephellus* ve *Cyanus* cinslerine ait toplam 28 taksonun palinolojik özelliklerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında her taksonun polen morfolojisine ilişkin detaylı ölçümler yapılmış, karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda B7 karesine ait bazı türlerin bölge için ilk kayıt olduğu saptanmıştır. Özellikle normalde C5 (Adana-Hatay) karesinde yayılış gösteren ve endemik bir tür olan *Centaurea antitauri*, bu çalışmayla B7 Elazığ karesinden ilk kez rapor edilmiştir. Benzer şekilde *Centaurea carduiformis* türünün iki varyetesi olan *C. carduiformis* subsp. *carduiformis* var. *thrincofolia* ve *C. carduiformis* subsp. *carduiformis* var. *carduiformis* de Elazığ için yeni kayıtlardır. Polen incelemelerinde, polenlerin genel olarak radyal simetrik, izopolar ve trikolporat yapıda olduğu; şekil olarak küresel görünümlü olduğu belirlenmiştir. Ortalama polar eksen uzunluğu 27.27 µm, ekvatoryal eksen uzunluğu 26.25 µm olarak ölçülmüştür. Polar görünümde sirküler çap 26.04 µm'dir. Apokolpiyumlar geniş ve sınırları belirgindir. Kolpus uçları arasındaki mesafe ortalama 7.10 µm'dir. Kolpuslar uzun, geniş ve uçları sivridir (Clg: 20.56 µm, Clt: 9.88 µm). Porlar belirgin, sınırları düzenlidir (Plg: 8.71 µm, Plt: 9.88 µm) ve por genişliği kolpus genişliğine eşittir. Ekzin kalınlığı ortalama 2.45 µm'dir. Polen yüzeyi skabrat (pürüzlü) tipte olup, spinüller genellikle 1 µm'den küçüktür. İnce yapılı intin tabakası ise yaklaşık 0.88 µm kalınlığındadır. Çalışmada elde edilen polen morfolojik verileri detaylı çizelgeler halinde sunulmuştur.

Abstract

This study investigates the pollen morphology of 28 taxa belonging to the genera *Centaurea*, *Psephellus*, and *Cyanus*, naturally occurring within the B7 square (Elazığ region) of Türkiye. The palynological characteristics of each taxon were determined through detailed morphometric analyses. Several noteworthy new records for the region's flora were identified. Notably, *Centaurea antitauri*, an endemic species previously known from the C5 square (Adana-Hatay region), was recorded for the first time in the B7 Elazığ square. In addition, two varieties of *C. carduiformis* subsp. *carduiformis* var. *thrincofolia* and *C. carduiformis* subsp. *carduiformis* var. *carduiformis*—were documented as new records for this region. The examined pollen grains are radially symmetrical, isopolar, and tricolporate, generally exhibiting a spheroidal shape. The average polar axis measures 27.27 µm, while the equatorial axis is 26.25 µm, and the circular diameter in polar view is 26.04 µm. Apocolpia are distinct and broad. Colpi are long, wide, and sharply pointed at the ends (Clg: 20.56 µm; Clt: 9.88 µm). Pores are well-defined with regular borders (Plg: 8.71 µm; Plt: 9.88 µm), and their width is equal to that of the colpi. The exine is approximately 2.45 µm thick and exhibits a scabrate ornamentation pattern. Spinules are generally smaller than 1 µm, and the intine is thin, measuring around 0.88 µm. Pollen morphological data for these new records are presented in detailed tables.

GİRİŞ

Bilimin ve teknolojinin hızlı ilerleyişiyle birlikte, doğal kaynakların yoğun tüketilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Her ne amaçla kullanılırsa kullanılsın, bu dönüşüm süreçleri genellikle tüketimi zorunlu kılmaktadır. İnsan refahı sağlanırken kaynakların sürdürülebilirliği, hem günümüz hem de gelecek toplumlar için en kritik mesele hâline gelmiştir (Yılmaz 1996). Türkiye, biyolojik çeşitlilik

bakımından son derece zengin bir ülkedir. Bu zenginliğin temel sebepleri arasında iklim farklılıkları, karmaşık topografya, jeolojik ve jeomorfolojik çeşitlilikler ile deniz, göl ve akarsu gibi farklı su ekosistemlerinin varlığı yer almaktadır. Ayrıca 0–5000 m arasındaki rakım farklılıkları ve üç farklı bitki coğrafyası bölgesinin kesişim noktası olması da bu zenginliğe katkıda bulunur. Anadolu'nun doğusu ile batısı arasındaki ekolojik çeşitlilik, ülkemize

adeta bir kıta niteliği kazandırmaktadır (Özhatay ve ark. 2005).

Asteraceae familyasına ait *Centaurea* cinsi, yaklaşık 650–700 türe sahip olup Türkiye’de bunların 149’u bulunmaktadır. Yeni tanımlanan *Centaurea serpentinica* (Doğan ve Aksoy 2009) ve *Centaurea nerimaniae* (Kültür 2010) ile bu sayı 151’e ulaşmıştır. Bunlardan 97’si endemik olup endemizm oranı %64 dır. Öte yandan, son olarak bulunan *Cyanus eflanensis* (Kaya ve Bancheva 2009) ile *Cyanus* cinsi Türkiye’de 16 türe ulaşmıştır. Bunlardan dokuzu endemik olup, endemizm oranı %56 dır. *Psephellus* cinsi ise 33 türe sahiptir ve bunlardan %82’si yalnızca Türkiye’ye özgüdür (Kargün 2011).

Çalışma alanı, Doğu Anadolu Bölgesi’nde yer almakta olup tamamen Elazığ ili sınırları içinde bulunur. İran-Turan bitki coğrafyası bölgesi içinde yer alan bu alan, Davis’in grid sistemine göre B7 karesine karşılık gelmektedir. Bu bölgede toplanan 28 taksonun 24’ü *Centaurea*, üçü *Cyanus* ve biri *Psephellus* cinsine aittir. Endemikleri kapsayan türler arasında *Centaurea consanguinea*, *C. antitauri*, *C. elazigensis*, *C. kurdica*, *C. derderiifolia*, *C. kotschy* var. *floccosa*, *C. saligna* ve *C. stapfiana* yer almaktadır. *Psephellus pyrrhoblephara* türü de bu bölgede endemik olarak tespit edilmiştir. Palinoloji, bitki morfolojisinin yanı sıra polen ve sporların mikroskopik incelenmesini kapsayan bir bilim dalıdır. İlk kez Hyde ve Williams (1945) tarafından tanımlanan bu disiplin, 1954 yılında VIII. Uluslararası Botanik Kongresi’nde bağımsız bir bilim dalı olarak kabul edilmiştir (Aytuğ ve ark. 1974, Kesercioğlu ve Serin 1996). Palinoloji; güncel (modern) ve stratigrafik alt dallarda incelenir. Güncel palinoloji modern bitki spor ve polenlerini araştırırken, stratigrafik palinoloji geçmiş jeolojik dönemlerde tortullaşan materyallerdeki polen ve sporları inceler; bu da strata analizinde, paleoekolojik ve paleoklimatik yorumlarda, ayrıca kömür ve petrol aramalarında önemli katkılar sağlar (Kaya 1985, Gemici 1987). Dünya’da 1930’lardan itibaren hızla gelişen palinoloji alanı, polen morfolojisi, fizyolojisi, kimyası ve analizi gibi alt disiplinlere ayrılmıştır (Aytuğ ve ark. 1974). Polen morfolojisi çalışmaları, bitki tanımlamasında önemli ipuçları sağlar; özellikle *Centaurea*, *Cyanus* ve *Psephellus* cinslerinde tricolporate polen tipleri ve varyasyonlar dikkat çekicidir. Gürdal ve

Özhatay (2019), Türkiye’de yayılış gösteren 5 *Centaurea* ve 3 *Psephellus* türünün polen morfolojisini ışık mikroskobu (LM) kullanarak incelemiştir. Çalışmada, polenlerin genellikle trikolporat, sferoidal-subprolat ve mikroşinat yapıda olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, ekzin yapısının retikülat olduğu ve kutiküler skulptürlerin türler arasında farklılık gösterdiği vurgulanmıştır. Pehlivan (1995) yaptığı çalışmada, Türkiye’ye özgü endemik *Centaurea* türlerinin polen morfolojisini incelemiş ve türlerin polenlerinin trikolporat, subprolat şekilli ve mikroşinat özellikler gösterdiğini raporlamıştır. Bu özelliklerinde türlerin taksonomik sınıflandırılmasında önemli bir rol oynadığını ifade etmiştir. Özler ve ark. (2009), *Centaurea* ve *Cyanus* cinslerine ait türlerin polen morfolojisini ışık ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanarak detaylı bir şekilde incelemiştir. Bahsedilen çalışmada, polenlerin trikolporat, sferoidal-subprolat ve mikroşinat yapıda olduğunu ve bu özelliklerin türlerin taksonomik sınıflandırılmasında önemli bir kriter oluşturduğuna dikkat çekmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Elazığ bölgesinden toplanan *Centaurea*, *Cyanus* ve *Psephellus* cinslerinin taksonomik teşhislerinin yapılarak palinolojik karakterlerinin belirlenmesidir. Özellikle polen morfolojilerinin tanımlanması, ölçümlerin yapılması ve bu cinslere ait türlerin palinolojik özelliklerinin ortaya konulması hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitki Materyalinin Toplanması ve Saklanması

Araştırmada, B7 Elazığ kare diliminde doğal olarak yetişen *Centaurea*, *Psephellus* ve *Cyanus* cinslerine ait bitki örnekleri kullanılmıştır. Çizelge 1’de taksonlar, toplama yerleri, habitat, yükseklik, toplama tarihi, toplayıcı adı, toplama numarası ve herbaryum kodu detaylı bir şekilde verilmiştir. Burada, örnekler doğal yayılış alanlarından toplanmış olup; kurutma kâğıtları arasına yerleştirilerek tahta presler içinde preslenmiş ve gölgede kurumaya bırakılmıştır. İlk üç gün boyunca kurutma kâğıtları düzenli aralıklarla değiştirilmiş, bitkiler tam olarak kuruduktan sonra ipleri gevşetilerek örnekler herbaryum materyali haline getirilmiştir (Yaltırık 1962). Tür teşhisleri, daha önce yayımlanmış floristik ve sistematik kaynaklardan

(Davis 1975, Güner ve ark. 2000) yararlanılarak Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi, İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi ve Fırat Üniversitesi herbaryumlarındaki karşılaştırmalı incelemelerle doğrulanmıştır. Palinolojik incelemeye alınan örneklerin; gövde, alt ve orta yaprak uzunluğu/genişliği, involukrum uzunluk ve genişliği,

sillerin uzunluğu, aken ve papus boyutları lup ve milimetrik cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Daha sonra kapitulular pensle sökülerek alt, orta ve üst fillariler ile aken ve papus yapıları ayrıştırılmıştır. Bu yapıların her birinden 20 örnek alınarak beyaz karton üzerine sırasıyla monte edilmiştir.

Çizelge 1. İncelenen *Centaurea*, *Psephellus* ve *Cyanus* örneklerine ait toplama verileri

Takson	Herbaryum etiket bilgileri
<i>Centaurea aggregata</i> subsp. <i>aggregata</i>	Sivrice-Palu Baltaşı, 1550 m, 26.06.2009, K. Kargün, KK-001, FUH
<i>Centaurea consanguinea</i>	Elazığ; Kuzova Hıdır baba köyü yol ayrımı, 1260 m, 01.07.2009, K. Kargün, KK-002, FUH
<i>Centaurea virgata</i>	Elazığ; Elazığ-Bingöl karayolu üzeri Koçkale köyü dağlık alan, 1380 m, 21.06.2009, K. Kargün, KK-003, FUH
<i>Centaurea antitauri</i>	Elazığ; Palu ilçesi Baltaşı köyü, Baltaşı karakolu arkasındaki tepe, 1450 m, 09.07.2009, K. Kargün, KK-004, FUH
<i>Centaurea balsamita</i>	Elazığ; Çemişgezek Dambüken, Avşan köyü tarla içi, 1090 m, 23.06.2009, K. Kargün, KK-005, FUH
<i>Centaurea behen</i>	Elazığ; Çemişgezek Avşan, Dambüken köyü içi, 1090 m, 23.06.2009, K. Kargün, KK-006, FUH
<i>Centaurea polypodiifolia</i> var. <i>polypodiifolia</i>	Baskil Arındık köyü yol kenarı, 1100 m, 12.06.2010, K. Kargün, KK-007, FUH
<i>Centaurea polypodiifolia</i> var. <i>pseudobehen</i>	Elazığ; Baskil, Kumtarla köyüne kavuşmadan yolun sol tarafındaki tepeler, 1090 m, 06.07.2009, K. Kargün, KK-008, FUH
<i>Centaurea rigida</i>	Elazığ; Baskil Adaf köyü doğusu, 1100 m, 06-07-2009, K. Kargün, KK-009, FUH
<i>Centaurea carduiformis</i> subsp. <i>carduiformis</i> var. <i>carduiformis</i>	Elazığ; Keban, Arapgir yolu üzerinde pınarlı köyü tarla kenarları, 1430 m, 01-07-2009, K. Kargün, KK-010, FUH
<i>Centaurea carduiformis</i> subsp. <i>carduiformis</i> var. <i>thrincoifolia</i>	Elazığ; Keban, Arapgir yolu üzerinde pınarlı köyü tarla kenarları, 1430 m, 01-07-2010, K. Kargün, KK-011, FUH
<i>Centaurea elazigensis</i>	Elazığ; Palu Baltaşı köyü, Baltaşı karakolu arkasındaki tepe, 1450 m, 09.07.2009, K. Kargün, KK-012, FUH
<i>Centaurea urvillei</i> subsp. <i>urvillei</i>	Elazığ; Harput Anguzlu baba türbesi üst tarafı kayalık alan, 1400 m, 07.06.2010, K. Kargün, KK-013, FUH
<i>Centaurea urvillei</i> subsp. <i>armata</i>	Baskil radyolik istasyonu çevresi, 1350 m, 30.06.2009, K. Kargün, KK-014, FUH
<i>Centaurea urvillei</i> subsp. <i>hayekiana</i>	Baskil Haroğlu dağı Güney-Doğu yamaçları kayalık alan, 1520 m, 21.06.2009, K. Kargün, KK-015, FUH
<i>Centaurea cynarocephala</i>	Elazığ; Sivrice Gözeli köyü Kuşakçı dağı, 1750 m, 26.06.2009, K. Kargün, KK-016, FUH
<i>Centaurea kurdica</i>	Sivrice Gözeli köyü girişi yol kenarı, 1310 m, 30.06.2009, K. Kargün, KK-017, FUH
<i>Centaurea derderiifolia</i>	Baskil Haroğlu dağı alt yamaçları, 1350 m, 22.07.2010, K. Kargün, KK-018, FUH
<i>Centaurea drabifolia</i> subsp. <i>detonsa</i>	Baskil Haroğlu dağı TV istasyonu arka tarafındaki dağ kayalık alan, 1950 m, 22.07.2010, K. Kargün, KK-019, FUH
<i>Centaurea kotschyi</i> var. <i>floccosa</i>	Elazığ; Baskil, Yukarı Kuluşağı köyü Kuzucuk mezrası üst tarafındaki dağ, 1350 m, 22.08.2010, K. Kargün, KK-020, FUH
<i>Centaurea saligna</i>	Elazığ; Palu Baltaşı köyü karakol arkasındaki tepeler, 1450 m, 09.07.2009, K. Kargün, KK-021, FUH
<i>Centaurea iberica</i>	Elazığ; Elazığ-Diyarbakır karayolu 10. km. yol kenarı, 1100 m, 26.06.2009, K. Kargün, KK-022, FUH
<i>Centaurea solstitialis</i> subsp. <i>solstitialis</i>	Elazığ; Kinederiç köyü yol kenarı, 1150 m, 19.06.2009, K. Kargün, KK-023, FUH
<i>Centaurea stapfiana</i>	Elazığ; Palu-Arıcak ilçeleri arasındaki karayolu üzerinde yol kenarı, 1320 m, 17.07.2009, K. Kargün, KK-024, FUH
<i>Cyanus depressa</i>	Keban Arapgir yolu üzerinde pınarlı köyü tarla kenarları, 1430 m, 01.07.2009, K. Kargün, KK-025, FUH
<i>Cyanus pichleri</i> subsp. <i>pichleri</i>	Elazığ; Pulutlu dağı doğu yamaçları, 1400 m, 18.05.2009, K. Kargün, KK-026, FUH
<i>Cyanus triumfettii</i>	Elazığ; Harput Güney Çayır köyü kuzey bahçeleri, 1350 m, 15.06.2010, K. Kargün, KK-027, FUH
<i>Psephellus pyrrhoblephara</i>	Elazığ; Harput buzluk mağarası çevresi, kayalık alan, 1500 m, 10.05.2010, K. Kargün, KK-028, FUH

Polenlerin Morfolojik İncelemesi ve Ölçümler

Farklı türlere ait polenlerin karışmasını önlemek amacıyla her bitkinin çiçekleri ayrı zarflara konulmuş ve etiketlenmiştir. Polenlerin morfolojik incelemelerinde Wodehouse (1935) yöntemi kullanılmıştır. Preparatlar, Olympus CHK (3B0132) model binoküler ışık mikroskopunda (oküler X10; objektif X100 immersiyon)

incelenmiş, bir oküler birimi 1.02 µm'ye denk gelecek şekilde ölçümler yapılmıştır. Her karakter için 30 ile 50 arasında ölçüm alınmış; veriler biyometrik yöntemle değerlendirilmiştir. Polenlerin mikrofotografaları, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Biyoloji Bölümü Palinoloji ve Bitki Anatomisi Laboratuvarı'nda LEICA DFC 280 model kamera ile çekilmiştir.

Wodehouse Metodu

Burada polenler temiz bir lam üzerine yerleştirilmiş; yabancı çiçek parçaları ortamdan uzaklaştırılmıştır. Üzerlerine %96'lık etanol damlatılarak yağ ve reçine içeriği uzaklaştırılmış; ardından 30–40 °C'lik ısıtıcıda alkolün buharlaşması sağlanmıştır. Ekzin ve intin tabakalarının yapısal bütünlüğünü koruyacak şekilde dikkatli bir ısıtma işlemi uygulanmıştır. Alkol tamamen uçurulduktan sonra gliserin-jelatin montaj materyali, lam üzerine yerleştirilmiş polenlerin yanına konulmuş, hafifçe ısıtılarak materyalin erimesi sağlanmıştır. Polenlerin preparat üzerindeki homojen dağılımını sağlamak amacıyla; montaj materyali bir iğne ucu ile karıştırılarak temiz bir lamel ile kapatılmıştır. Kapatılan lameller iki cam baget üzerine lameller alta gelecek şekilde ters çevrilerek konulmuştur. Bunun sebebi de polenlerin lamele yakın durmasını sağlamaktır. Ancak gliserin-jelatin ortamında polenlerin boyutlarında artışlar (polenlerde şişme) meydana geldiği için, ölçümler bir ay sonra yapılmıştır (Wodehouse 1935).

Palinolojik Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada Wodehouse metodu ile polen preparatları hazırlanmıştır. Polen preparatları X10 oküler ve X100 objektifte incelenmiştir. Ölçümlere her bir karakter için Gauss eğrisi elde edilinceye kadar devam edilmiştir ki bu ölçüm sayıları da 30-50 arasındadır. Her sınıfta tespit edilen polen boyutları 1-0.5 milimetrik oküler taksimatı farkla gruplandırılmıştır. Yapılan ölçümler biyometrik metot yardımı ile değerlendirilmiştir (Aytuğ 1967).

$$M = m + a \cdot 1 / n \cdot \sum x y$$

Standart sapma: σ

$$\sigma = \sqrt{a \cdot \sum 1 / n \sum x^2 y - u^2}$$

$$(u = 1 / n \sum x y)$$

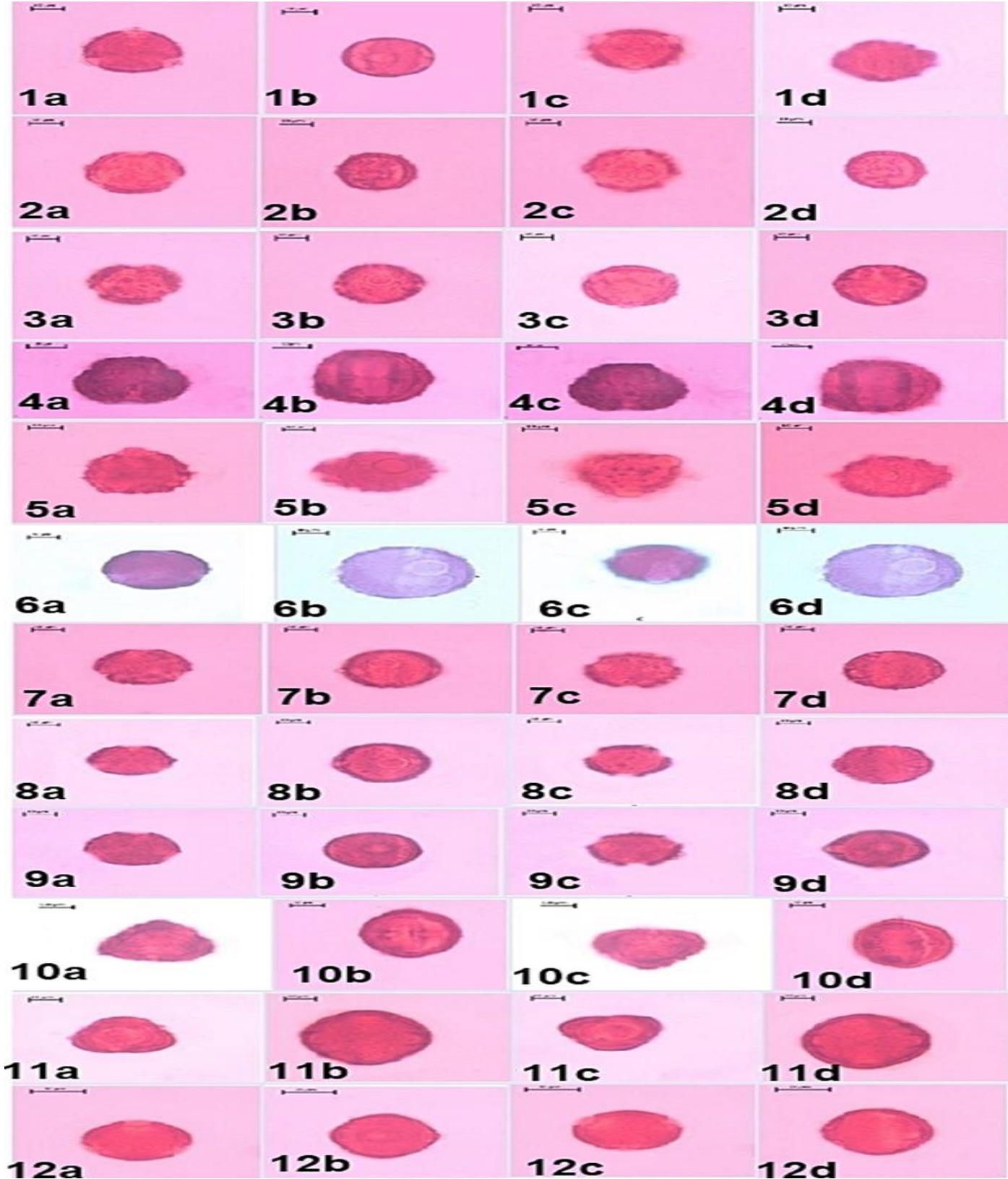
Bu formüllerde; M= Her özelliğe ait ölçümlerin ortalaması, a= Sayılar arasındaki fark, n= Ölçme sayısı, m= En fazla sayıda ölçülen değeri, x= Ölçümlerin büyüklüğüne göre sınıflandırılması, y= Ölçülen boyutların sayısını ifade etmektedir.

BULGULAR

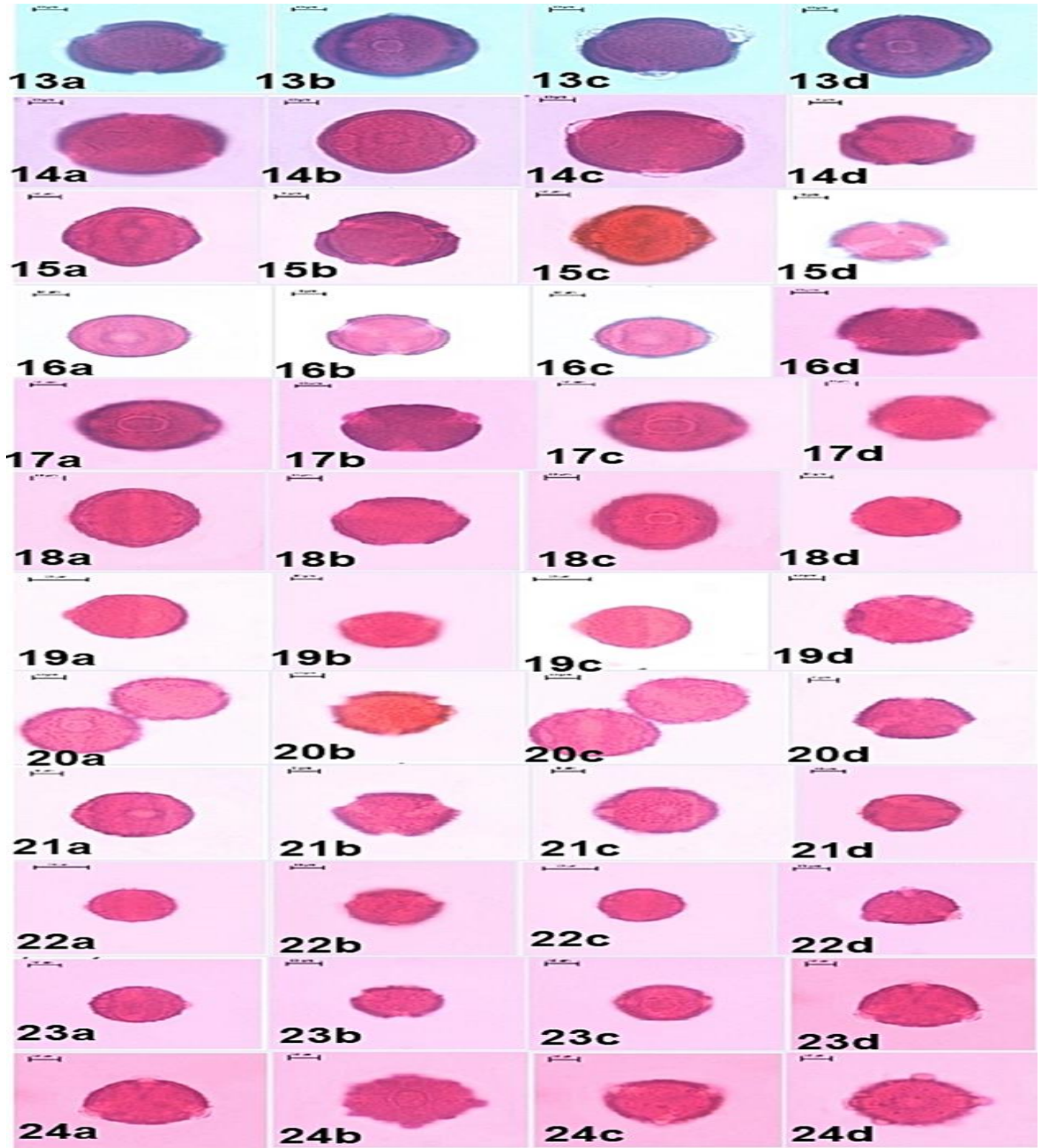
Çalışmada bütün örnekler aşağıdaki gibi ölçümlenerek *Centaurea*, *Cyanus* ve *Psephellus* cinslerine ait türlerin polen resimleri ayrı ayrı verilmiştir (Şekil 1, 2 ve 3). Bununla beraber, incelenen *Centaurea*, *Cyanus* ve *Psephellus* taksonlarının Wodehouse yöntemine göre (W) polen parametreleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Palinolojik Özellikleri

Polenler radyal simetrik, izopolar, trikolporat, küremsi. Polar eksen 27.27 μm , ekvatoryal eksen 26.25 μm . Polar görünüşte sirkular çapı 26.04 μm . Apokolpiyumlar büyük ve sınırları belirgin. Kolpus uçları arasındaki uzaklık 7.10 μm . Kolpuslar oldukça uzun ve geniş, sınırları belirgin, uçları sivri. Clg 20.56 μm , Clt 9.88 μm . Porlar belirgin sınırları muntazam. Plg 8.71 μm , Plt 9.88 μm . Porun genişliği kolpusun genişliğine eşit. Ekzin 2.45 μm kalınlığına sahiptir. Ornemantasyon skabrate Spinül'ler 1 μm den küçük. İntin ince olup 0.88 μm kalınlığındadır.



Şekil 1. Örneklere (1. *Centaurea aggregata* subsp. *Aggregata*, 2. *Centaurea consanguinea*, 3. *Centaurea virgata*, 4. *Centaurea antitauri*, 5. *Centaurea balsamita*, 6. *Centaurea behen*, 7. *Centaurea polypodiifolia* var. *Polypodiifolia*, 8. *Centaurea polypodiifolia* var. *Pseudobehen*, 9. *Centaurea rigida*, 10. *Centaurea carduiformis* subsp. *carduiformis* var. *Carduiformis*, 11. *Centaurea carduiformis* subsp. *carduiformis* var. *Thrincoifolia*, 12. *Centaurea elazigensis*) ait polen resimleri ve a: polargörünüşte optik kesit, b: ekvatoryal görünüşte optik kesit, c: polar görünüşte ornemantasyon, d: ekvatoryal görünüşte ornemantasyonu

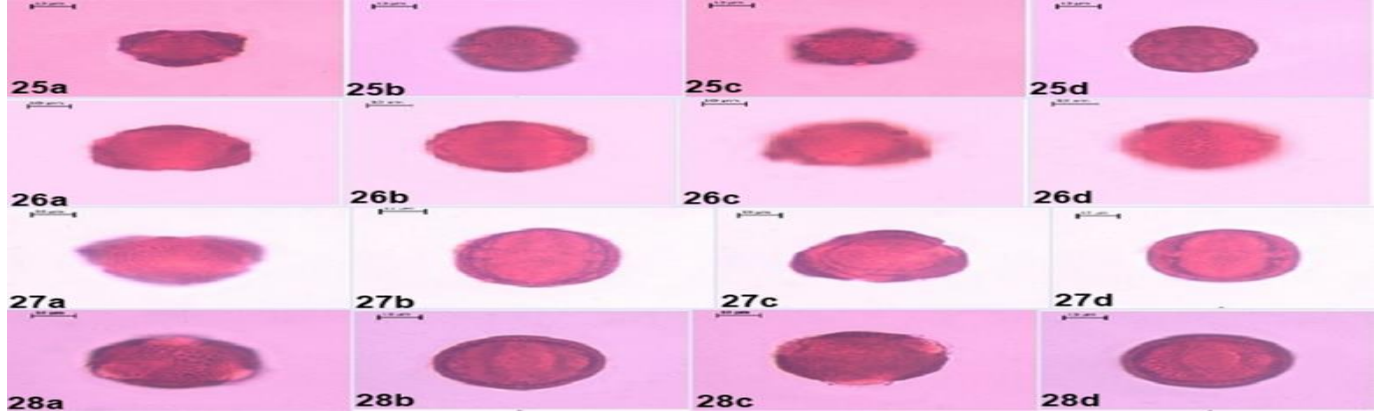


Şekil 2. Örnekler (13. *Centaurea urvillei* subsp. *Urvillei*, 14. *Centaurea urvillei* subsp. *Armata*, 15. *Centaurea urvillei* subsp. *Hayekiana*, 16. *Centaurea cynarocephala*, 17. *Centaurea kurdica*, 18. *Centaurea derderiifolia*, 19. *Centaurea drabifolia* subsp. *Detonsa*, 20. *Centaurea kotschyi* var. *Floccosa*, 21. *Centaurea saligna*, 22. *Centaurea iberica*, 23. *Centaurea solstitialis* subsp. *Solstitialis*, 24. *Centaurea stapfiana*) ait polen görüntüsü ve a:polar görünüşte optik kesit, b:ekvatoryal görünüşte optik kesit, c: polar görünüşte ornemantasyon, d:ekvatoryal görünüşte ornemantasyonu

Çizelge 2. *Centaurea*, *Cyanus* ve *Psephellus* taksonlarının Wodehouse yöntemine göre(W) polen parametreleri (Ortalama+Standart sapma)

Taksonlar	p	E	P/E	L	clg	clt	plg	plt	Plg/plt	Pl...clt	t	Ex	in	dh	dt	Orn
<i>Centaurea aggregata</i> subsp. <i>aggregata</i>	27.27+1.29	26.25+1.34	1.03	26.04+0.28	20.56+0.88	9.88+0.67	8.71+0.97	9.88+0.96	0.88	plNclt	7.10+0.58	2.45+0.30	0.88+0.66	não	não	S
<i>C. antitauri</i>	37.94+2.53	37.31+1.79	1.01	35.29+2.03	28.56+1.29	12.24+1.29	11.78+1.13	12.24+1.29	0.96	p1t=c1t	*	2.55+0.45	1.02+0.14	<1pm	<1pm	S
<i>C. balsamita</i>	29.41+1.74	30.21+2.59	0.97	28.56+2.62	19.13+1.14	11.28+0.87	11.49+1.23	11.28+0.87	1.01	p1t=c1t	*	3.84+0.60	0.80+0'11	3'00"0'32	3.72+0.57	E
<i>C. behen</i>	35.36+1.66	35.93+1.80	0.98	33.89+1.80	30.09+0.78	5.40+0.60	9.79+1.01	11.97+1.16	0.81	p1t=c1t	6.22+0.45	2.14+0.34	0.84+0.09	<1pm	<1pm	S
<i>C. carduiiformis</i> subsp. <i>carduiiformis</i> var. <i>carduiiformis</i>	39.14+2.93	40.98+1.96	0.95	51.41+0.63	30.37+1.72	4.82+1.59	5.79+1.88	5.1+1.72	1.16	p1t>c1t	7.58+1.06	3.11+0.66	0.55+0.06	<l pm	<l pm	S
<i>C. carduiiformis</i> subsp. <i>carduiiformis</i> var. <i>thrinçifolia</i>	48.53+3.29	43.18+2.06	1.12	41.33+1.84	39.30+2.12	10.86+1.52	12.69+1.08	10.86+1.52	1.16	p1t=c1t	*	3.23+056 K 3.74+0.46 E	0.90+0.05	<l pm	<l pm	S
<i>C. consaguinea</i>	28.53+1.34	27.43+1.67	1.04	26.07+1.36	23.94+1.96	9.18+1.28	10.09+1.59	9.18+1.28	1.10	p1t=c1t	6.80+0.54	1.80+0.10	0.54+0.11	<1pm	<1pm	S
<i>C. cynarocephala</i>	38.02+2.30	38.08+2.38	0.99	36.84+2.67	32.02+1.25	11.96+1.11	10.53+0.86	11.96+1.11	0.88	p1t=c1t	*	2.35+0.15	0.72+0.13	^1pm	<1pm	S
<i>C. derderiifolia</i>	38.86+2.11	38.61+2.22	1.01	36.78 1.22	32.82+1.69	1.82+1.18	11.29+1.01	8.20+1.12	1.38	p1t>c1t	*	1.69+0.79	0.60+0.12	^1pm	<1pm	S
<i>C. drabifolia</i> subsp. <i>detonsa</i>	34.75+1.43	34.11+1.47	1.02	32.43+1.11	27.43+0.91	13.40+1.11	9.12+0.85	13.40+1.11	0.68	p1t=c1t	7.85+0.71	2.34+0.31	0.88+0.08	<1pm	)1pm	S
<i>C. elazigensis</i>	44.89+2.04	40.55+0.97	1.10	39.18+0.96	33.91+1.13	9.23+1.14	8.51+1.18	9.23+1.14	0.92	p	*	3.36 11.14	1.12+0.14	<1pm	)1pm	S
<i>C. iberica</i>	34.11+1.46	31.38+2.28	1.08	29.72+2.35	28.52+1.49	7.14+0.83	10.72+0.83	7.14+0.83	1.42	plNclt	6.57+0.36	2.04+0.35	0.81+0.06	<1pm	1.02+0.03	S
<i>C. kotschyi</i> var. <i>floccosa</i>	39.90+1.61	39.78+1.56	1.00	38.18+1.75	32.07+1.22	5.81+0.47	6.27+1.18	5.81+0.47	1.07	plUclt	8.10+0.75	2.25+0.45	0.55+0.66	<1pm	<1pm	S
<i>C. kurdica</i>	41.10+2.60	43.10+2.90	0.95	41.84+2.16	37.84+2.16	9.69+2.43	10.81+1.52	9.69+2.43	1.11	p1t=c1t	6.90+1.32	4.10+0.90	1.70+0.40	<1pm	<1pm	S
<i>C. polypodiifolia</i> var. <i>pseudobehen</i>	33.27+0.98	31.31+0.98	1.06	30.19+1.05	25.75+1.37	10.91+1.05	9.28+0.91	10.91+1.05	0.85	p1t=c1t	6.78+0.27	1.83+0.31	0.58+0.07	'	'	S
<i>C. polypodiifolia</i> var. <i>polypodiif</i>	33.29±1.30	33.51±1.16	1.02	32.13±1.06	27.84±1.17	10.76±1.17	9.02±0.82	10.76±1.17	0.83	p1t=c1t	7.48±0.50	1.98±0.08	0.63±0.06	<l pm	<l pm	S
<i>C. rigida</i>	28.76+1.58	28.47+1.17	1.01	27.23+1.26	23.30+1.71	9.63+1.13	8.61+1.45	9.63+1.13	0.89	p1t=c1t	6.42 +0.44	1.68+0.32	0.6+0.10	^1pm	^1pm	S
<i>C. saligna</i>	41.06+1.83	40.45+1.88	1.01	38.18+1.23	35.17+0.98	1.79+0.50	10.74+1.20	9.27+1.20	1.15	plt>clt	9.52+1.15	2.18+0.13	1'06+0'14	'1	) um	S
<i>C. solstitialis</i> subsp. <i>solstitialis</i>	34.03+2.45	31.50+1.46	1.08	29.38+1.67	27.23+0.48	7.14+1.24	7.44 +1.23	7.14+1.24	1.04	p1t=c1t	6.12+0.93	2.55+0.52	0.51+0.04	) 1pm	) 1pm	M
<i>C. stapfiana</i>	37.37+1.60	36.84+1.87	1.01	35.37+1.66	31.17+2.41	10.81+0.27	9.63+0.98	10.81+1.15	0.89	p1t=c1t	6.57+0.36	2.04+0.27	0.61+0.08	<1pm	<1pm	S
<i>C. urvillei</i> subsp. <i>armata</i>	53.01+1.94	52.02+3.15	1.01	48.91+2.87	45.86+2.09	11.42+1.28	14.02+1.22	11.42+1.28	1.22	p1t=c1t	*	3.77+0.48 E 4.05+11.27 K	0.90+0.05	<1pm	) 1pm	S
<i>C. urvillei</i> subsp. <i>hayekiana</i>	49.53+1.70	42.92+1.80	1.15	40.43+1.82	38.91+1.95	8.56+1.15	10.45+1.04	8.56+1.15	1.22	p1t=c1t	*	4.31+1.14 K 3.16+0.34 E	0.98+0.07	<1pm	) 1pm	S
<i>C. urvillei</i> subsp. <i>urvillei</i>	58.69+3.97	53.44+2.87	1.09	51.61+2.52	45.39+2.86	10.20+1.35	12.56+1.59	10.20+1.35	1.23	plNclt	*	2.85+0.64 K 4.48+1.10 E	0.70+0.08	<1pm	) 1pm	S
<i>C. virgata</i>	26.66+2.69	27.95+2.21	1.83	25.35+2.12	20.18+1.65	4.54+1.18	4.33+0.94	4.54+1.18	0.95	plNclt	5.69+25	1.83 + 0.39	0.91+0.39	<1pm	) 1pm	S
<i>Cyanus depressa</i>	36.21+2.56	29.76+2.17	1.21	30.66+1.77	26.41+2.02	5.61+1.12	7.47+069	6.52+0.63	1.14	p1t>c1t	9.01+0.93	1.90+0.26 K 3.70+0.58 E	0.60+0.07	<1pm	<1pm	S
<i>C. pichleri</i> subsp. <i>pichleri</i>	44.54+1.78	40.52+1.76	1.10	39.71+1.12	35.01+2.21	8.12+2.12	9.23+1.35	13.13+1.96	0.70	p1t>c1t	8.01+0.91	4.05+ 0.44	0.87+0.55	<1pm	<1pm	S
<i>C. triumfettii</i>	44±1.59	38.43±2.12	1.14	36.98±2.37	35.25±0.11	7.26±0.72	8.67±1.15	12.07±1.19	0.71	p1t>c1t	7.90+0.41	2.67+0.54 K 4.92+0.61E	0.95+0.12	^l pm	^l pm	S
<i>Psephellus pyrrohoblepharus</i>	39.59±1.67	38.76±1.92	1.02	37.39±1.73	29.78±0.44	13.77±1.28	14.28±1.16	13.77±1.28	1.03	p1t>c1t	12.44±1.41	4.25±0.40	1.02±0.1	<1pm	<1pm	S

W: Taze polen, P: Polar eksen, E: Ekvatoral eksen, L: Polenin polar görünüşünün şekli, clg: Kolpusun uzunluğu, clt: Kolpusun eni, plg: Porusun uzunluğu, plt: porusun eni, t: Triangular polar üçgenin bir kenar uzunluğu, ex: ekzin (İç tabaka), in: rutin (Dış tabaka), dh: Spinin uzunluğu, dt: Spinin eni, Orn.: Ornamentasyon, S: skabrate (spinül uzunluğu <1 µm), M: Microechinüle (spinül uzunluğu 1-2 µm), E: Echinüle (spinül uzunluğu 3 µm), *: Ölçülemedi, K: Kutup, E: Ekvatoryal



Şekil 3. Örneklere (25. *Cyanus depressa*, 26. *Cyanus pichleri* subsp. *Pichleri*, 27. *Cyanus triumfettii*, 28. *Psephellus pyrrhoblephara*) ait polen görüntüleri ve a: polar görünüşte optik kesit, b:ekvatoryal görünüşte optik kesit, c: polar görünüşte ornemantasyon, d:ekvatoryal görünüşte ornemantasyonu

TARTIŞMA

Bu araştırmada, *Centaurea*, *Cyanus* ve *Psephellus* cinslerine ait toplam 28 takson iki yıllık saha çalışması sonucunda toplanarak herbarium materyali olarak belgelendi ve dış palinolojik ölçümleri gerçekleştirildi. Elde edilen taksonlardan bazıları, literatürde B7 Elazığ karesi için daha önce bildirilmeyen yeni kayıtlar olarak ortaya çıktı. Özellikle *Centaurea antitauri*, önceki çalışmalarda yalnızca C5 (Hatay-Adana) karesiyle ilişkilendirilmişken (Wagenitz 1975), bu çalışmada B7 Elazığ karesinde tespit edilmiştir. Ayrıca, *Centaurea carduiformis* subsp. *carduiformis* var. *thrinciifolia* ve var. *carduiformis*, bu bölge için ilk kez yeni kayıt olarak sunulmuştur. Bu türler hakkında elde edilen tüm veriler ve palinolojik ölçümler Çizelge 2’de sistematik olarak sunulmuştur. Çalışmaya dahil edilen örnekler, Bartın Orman Fakültesi Herbariumu’nda numaralandırılmış biçimde yerleştirilmiş ve uygun koşullarda korunmuştur. Polen analizleri, Wodehouse metoduna göre—polar ve ekvatoryal eksen (P, E), P/E oranı, kolp uzunluğu (L), Clt, Clg, Plt, Plg, plt/plg, Clg/Clt, ekzin ve intin kalınlıkları (t, ex, in), ayrıca dt ve dh gibi açıklamalar dahil edilmiştir. Anadolu florasında, *Centaurea* L. taksonlarının polen yapısının genellikle tricolporate ve sub-prolata ya da spheroidal olduğu daha önceki araştırmalarda belirtilmiştir (Pınar 2007). Ayrıca, İç Anadolu bölgesindeki jeolojik incelemeler, Quaternary döneme ait tabakalarda *Centaurea virgata* ve *Centaurea pichleri* türlerine ait polenlerin varlığını doğrulamaktadır (İnceoğlu ve Pehlivan 1986, Bottema ve ark. 1995). Çalışma bulguları, bu

cinslere ait bazı türlerin binlerce yıl boyunca Türkiye florasında yer aldığını göstermiştir. Ancak, *Centaurea cynarocephala* örneğinde olduğu gibi, geçmişte geniş dağılım gösteren türlerin günümüzde tehlike altında olabileceği dikkate alınmalıdır (Türkoğlu ve Civelek 2008). Bu durum, mevcut türlerin ekolojik streslere karşı kırılganlıklarını ortaya koymaktadır.

Hazırlanan polen preparatları ve mikrogörüntüler, tür ve alttür düzeyinde teşhis anahtarı geliştirmeye yönelik önemli ipuçları sunmaktadır. Özellikle polen morfolojisi bazlı ayrımlar, türlerin doğru tanımlanmasında etkin rol oynamaktadır. Gürdal ve Özhatay (2019), Türkiye’de yayılış gösteren 5 *Centaurea* ve 3 *Psephellus* türünün polen morfolojisini ışık mikroskobu kullanarak incelemişlerdir. Çalışmada, polenlerin genellikle trikolporat, sferoidal-subprolat ve mikroekzinat yapıda olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, ekzin yapısının retikülat olduğu ve kutiküler skulptürlerin türler arasında farklılık gösterdiği vurgulanmıştır. Bahsedilen çalışma mevcut çalışmaya benzer bir durumu ortaya koymaktadır. Pehlivan (1995), Türkiye’ye özgü endemik *Centaurea* türlerinin polen morfolojisini incelemiş ve türlerin polenlerinin trikolporat, subprolat şekilli ve mikroekzinat özellikler gösterdiğini raporlamıştır. Bu özellikler, türlerin taksonomik sınıflandırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Mevcut çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Özler ve ark. (2009), *Centaurea* ve *Cyanus* cinslerine ait türlerin polen morfolojisini ışık ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanarak detaylı bir şekilde incelemişlerdir. Bahsedilen çalışmada, polenlerin

trikolporat, spheroidal-subprolat ve mikroeşinat yapıda olduğu ve bu özelliklerin türlerin taksonomik sınıflandırılmasında önemli bir kriter oluşturduğuna dikkat çekilmiştir. Mevcut çalışmada bazı kısıtlıklar olduğundan dolayı SEM görüntüleri alınamamıştır. Türkiye florasında yer alan bazı *Centaurea*, *Psephellus* ve *Cyanus* türlerinin polen morfolojilerini inceleyerek, bu türlerin taksonomik sınıflandırılmasında polen özelliklerinin önemini vurgulayan Pehlivan (1995) çalışmasında, polenlerin trikolporat yapıda, subprolate şekilli, mikroeşinat ve skabrata özelliklere sahip olduğunu belirtmektedir. Bu özellikler, türlerin taksonomik sınıflandırılmasında önemli kriterler olarak kabul edilmekte olup mevcut çalışma ile benzer niteliktedir.

Sonuç olarak, B7 Elazığ bölgesindeki *Centaurea*, *Cyanus* ve *Psephellus* taksonlarına ait polen karakterleri sistemli biçimde analiz edilerek yeni kayıtlar (örneğin *C. antitauri*, *C. carduiformis* alt taksonları) tanımlanmış ve literatüre katkı sunulmuştur. Çalışmada sunulan Tablolar ve

mikrofotografılar, taksonomik doğruluk ve karşılaştırmalı değerlendirmeler için bir kaynak teşkil etmektedir. Elde edilen görsel ve niceliksel verilerin, ileride yapılacak taksonomik, floristik ve ekolojik çalışmalar için yol gösterici olması beklenmektedir. Bu çalışma, Türkiye florası ve özellikle Elazığ bölgesi bitki taksonomisi için önemli bir katkı sunmakla beraber ileride yapılacak bilimsel araştırmalar için bir veri tabanı oluşturmayı amaçlamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma "B7 Elazığ Bölgesinde Yetişen *Centaurea*, *Psephellus* ve *Cyanus* Cinslerine Ait Türler Üzerinde Morfolojik ve Palinolojik Araştırmalar" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir. Bu çalışmanın veri temeli ve yöntemsel çerçevesinde birlikte çalıştığım danışmanım merhum Prof. Dr. Zafer KAYA'nın katkılarıyla oluşmuştur. Kendisine en içten şükranlarımı sunarım.

KAYNAKLAR

- Aytuğ B (1967) Polen Morfolojisi ve Türkiye'nin Önemli Gymnospermleri Üzerinde Palinolojik Araştırmalar. İstanbul, Kutulmuş: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları. 89 p.
- Aytuğ B, Aykut S, Merev N, Edis G (1974) Belgrad Ormanı'nın ve İstanbul Çevresi Bitkilerinin Polinizasyon Olayının Tespiti ve Değerlendirilmesi. TÜBİTAK Tarım Ormanlık Grubu, TBTAk Yayın No: 221, TOAG Seri No: 29, Ankara, 122s.
- Bottema S, Woldring H, Aytuğ B (1995) Late quaternary vegetation history of Northern Turkey, Palaeohistoria. Acta Et Communicationes Institui Bio-Archaeologici Universitatis Groninganae, 35/36, A.A Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Davis PH (1975) Flora of Turkey and the East Aegean Island. At the Universty Press, Vol: 5, Edinburg.
- Doğan Y, Aksoy M (2009) Morphological and ecological characterization of *Centaurea serpentina*. *Turkish Journal of Botany*, 33(2):145–156.
- Gemicci Y (1987) Palinoloji Laboratuvar Uygulama Klavuzu. EÜ Fen Fakültesi Teksirler Serisi, No: 73, İzmir, 124s.
- Güner A, Özhatay N, Ekim T, Başer KHC (2000) Flora of Turkey and the East Aegean Island. At the Universty Press, Vol: 11, Edinburg.
- Gürdal B, Özhatay E (2019) Pollen morphology of 5 *Centaurea* L. and 3 *Psephellus* cass. taxa in Turkey. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(4):738–744. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.631954>
- Hyde HA, Williams DA (1945) Studies in atmospheric pollen. II. *Diurnal Variation in the Incidence of Grass Pollen The New Phytologist*, 44(1):83-94.
- İnceoğlu Ö, Pehlivan S (1986) İç Anadolu Bölgesi'ndeki Tuz Gölü Kuvaterner Tabakalarında Palinolojik Bir Araştırma. TÜBİTAK Matematik, Fizik ve Biyolojik Araştırma Grubu, Proje No: TBAG-618, Ankara.
- Kargün K (2011) B7 Elazığ bölgesinde yetişen *Centaurea*, *Psephellus* ve *Cyanus* cinslerine ait türler üzerinde morfolojik ve palinolojik araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Fakültesi, Bartın.
- Kaya Z (1985) Endemik iki *Centaurea* l. türleri üzerinde taksonomik, ekolojik ve palinolojik araştırmalar. Doktora Tezi (yayımlanmamış), MÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dış Hekimliği Fakültesi, İstanbul.
- Kaya Z, Bancheva S (2009) A new species of *Cyanus* (*Centaurea* p.p.) sect. Napuliferi (Asteraceae) from Turkey. *Novon*, 19:175-177.
- Kesercioğlu T, Serin O (1996) Acıgöl'ün (Denizli) Floristik ve palinolojik yönden araştırması. XIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 1:17-20, Eylül, İstanbul, ss. 298- 306.
- Kültür T (2010) *Centaurea nerimaniae* new species description. *Plant Systematics and Evolution*, 289(1):37–45.
- Özhatay N, Byfield A, Atay S (2005) Türkiye'nin 122 Önemli Bitki Alanı. Nas Matbaacılık A.Ş., İstanbul, 476 s.
- Özler H, Kaya Z, Pehlivan S (2009) Pollen morphology of some *Centaurea* L., *Psephellus* Cass. and *Cyanus* Miller taxa. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 51(2):53–66. <https://doi.org/10.2478/v10182-009-0007-2>
- Pehlivan S (1995) Türkiye'den bazı *Centaurea* L., *Psephellus* Cass. ve *Cyanus* Miller taksonlarının polen morfolojileri. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 37(2):105–115.
- Pınar A (2007) Türkiye için endemik *Centaurea cariensis* Boiss. Alt türleri üzerinde morfolojik ve palonolojik araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Türkoğlu İ, Civelek Ş (2008) Kuşakçı dağının (Elazığ) florası. *OT Sistematik Botanik Dergisi*, 15(1):71- 96.
- Yaltırık F (1962) Bitki toplayıcılarına tavsiyeler. *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, 12(2):121-127.
- Yılmaz H (1996) Natural resource sustainability and societal development in Turkey. *Environmental Studies*, 8(4):211–222.
- Wagenitz G (1975) *Centaurea* L. in Davis, PH: Flora of Turkey and the East Aegean Island. At the Universty Press, Vol:5, Edinburg.
- Wodehouse RP (1935) Pollen Grains. Mc Grew Hill. Press, New York.

Geleneksel Ahşap Şavşat Evinin Sürdürülebilirliği: Artvin Çoruh Üniversitesi Örneği

The Sustainability of Traditional Wooden Şavşat House: The Example of Artvin Coruh University

Evren Osman ÇAKIROĞLU*¹, Taner TAŞDEMİR¹, Birgül ÇAKIROĞLU²

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, İç Mekân Tasarımı Programı, Artvin

² Artvin Çoruh Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Arhavi, Artvin

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi/Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1742130

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Evren Osman ÇAKIROĞLU

e-mail: 61evrenosman@artvin.edu.tr

Geliş tarihi / Received

14.07.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

08.09.2025

Kabul tarihi / Accepted

09.09.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Ahşap malzeme

Geçme teknikleri

Sürdürülebilirlik

Şavşat Evi

Keywords:

Wooden material

Interlocking techniques

Sustainability

Şavşat House

Özet

Kırsal mimari ve ahşap yapıları bünyesinde barındıran Doğu Karadeniz Bölgesi'nin özgün öğelerinden biri olan "Şavşat Evleri" mimarisi ve ahşap kullanımı ile önem arz etmektedir. Çalışmanın amacı; bu ahşap yapıların kırsal mimaride korunması konusunda birlikte kent mekânlarında da sürdürülebilirliğini sağlayarak farkındalık oluşturmaktır. Bu bağlamda Artvin-Şavşat yöre mimarisinde geleneksel yerleşim, plan, ahşap mimari oluşumuna sahip olan Şavşat Evleri ve geleneksel yapım teknikleri araştırılıp incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda Artvin Çoruh Üniversitesi bünyesindeki bir mekâna Şavşat Evi mimarisi ve ahşap uygulama teknikleriyle özgün, kullanım yeri ve amacı farklı olan bir ahşap yapı inşa edilmiştir. Bu ahşap yapının inşasında yöre de bulunan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaç türünden faydalanılmıştır. Ahşap parçaların birleştirilmesinde geçme tekniği kullanılmıştır. Ahşap kapıların tasarımında yöresel motiflerden yararlanılmış, köşk ve balkon bölümünde ise Şavşat evine özgü motifler araştırılarak uygulanmıştır. Mevcut araştırmada sarıçam ağaç malzemesinin geçme birleştirmelerinde, koruyucu boya tutmada ve bazı süsleme işlemlerinde iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Abstract

The "Şavşat Houses," one of the unique elements of the Eastern Black Sea Region, which incorporates rural architecture and wooden structures, are significant for their architecture and use of wood. The aim of this study is to raise awareness by ensuring the sustainability of these wooden structures in urban spaces, along with their preservation in rural architecture. In this context, the traditional settlement, layout, and wooden architectural structure of the Şavşat Houses in the Artvin-Şavşat regional architecture, as well as traditional construction techniques, were researched and examined. As a result of this study, a unique wooden structure with a different location and purpose was built at a site within Artvin Çoruh University using Şavşat House architecture and woodworking techniques. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees found in the region were used in the construction of this wooden structure. The mortise and tenon technique was used to join the wooden parts. Local motifs were used in the design of the wooden doors, while motifs specific to Şavşat Houses were researched and applied in the pavilion and balcony sections. In the current research, it was observed that Scots pine wood material yielded good results in mortise and tenon joints, protective paint adhesion, and some decorative processes.

GİRİŞ

Ahşap, kullanım yeri ve amacına göre birçok yapıda kullanım malzemesi olarak değerlendirilmektedir. Ağaç malzemeye olan yakınlık ve temin edebilme kolaylıklarından dolayı ahşap kullanımı çoğu yapılarda görülmektedir. Bu yapılar barınma, depolama, ahşap ambarlar, ibadet yerleri gibi yerlerdir. Bunların yanı sıra ve çeşitli yöresel araç- gereçler, el aletleri ve mutfakta kullanılan ahşap ürünler gibi kullanım alanına da sahiptir. Geleneksel ahşap yapılar Anadolu topraklarında görüldüğü gibi Doğu Karadeniz Bölgesi'nde de çoğu yerde görülmektedir. Bu yapılar eski geleneklerden gelme özellikleri bozmadan ve dönemin

mahir ahşap ustaları tarafından yörenin ihtiyaçları doğrultusunda yöreye uygun malzeme ve ağaç türlerinden yapılmışlardır (Karakul 2019).

Kırsal mimari kapsamında bulunan bazı yapıların çevresiyle ve bulunduğu yerleşim özelliklerinin muhafaza edilmesiyle birlikte "somut kültürel miras" adı verilen anlayış oluşmaktadır. Bununla birlikte bazı kültürel değerlerde kırsal mimaride "somut olmayan kültürel" miras kapsamında bulunmaktadır (Karakul 2021). Somut yapı olarak mimari unsurlar, doğal olan güzel yerler dolayısıyla görsel olarak fark edilebilir, elle tutulabilir objeler olarak ifade edilebilirler. Bunlara en iyi örnek olarak bazı koruma altına alınan müze, ören yerleri ve modern kültürel miras

kapsamında sayılan destinasyonlar gösterilmektedir (Gülcan 2010).

Somut olmayan kültürel miras, sosyal bilimcilerin belirttikleri gibi görsel algılanmanın ötesinde bu eserlerin içlerinde barındırdığı inanç, usul ve manevi değerlerin meydana getirdiği bütünlük olarak nitelendirilmektedir (Güngör 1990). Örneğin; tamamen ahşaptan yapılmış dönemin ihtiyaçlarına ve yörenin iklimine, koşullarına uygun yapılar bulunmaktadır. Bu yapılar yıllar öncesinden beri süre gelen gelenek ve uygulama tekniklerine sadık kalınarak günümüze kadar gelmiştir. Bu eserler inşa eden mahir ustalar ve onların yetiştirdiği kişilerin uygulamaları sonucunda nesilden nesile ulaşabilmektedirler (Akbaş 2019). Bu bakımdan kültür niteliklerinin korunması, yaşam tarzları ve mahir ustaların usul ve teknikleri miras kapsamındadır. Yapılan bir çalışmada (Biçer ve Şahin 2020) Asya, Avrupa, Afrika, Kuzey ve Güney Amerika kıtalarında bulunan geleneksel mimaride yapılan bazı ahşap yapılar incelenmiş, yapılarda taşıyıcı sistem kullanımlarında, mekânsal bölünmelerde, doğramalarda ve süslemelerde benzerlikler bulunduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte ne kadar benzerlik bulursa da o bölgede yapılan ahşap yapılar, yörenin sosyal- kültürel yaşayışını, coğrafyasını, teknolojik durumunu vb. özelliklerini yansıttığından birbirlerinden farklı yeni sistemler meydana çıkarmışlardır. Neticede farklı mimari sistemler ve özgünlükler kazandırmışlardır. Şavşat evleri de bu bakımdan özgün ve geleneksel mimari de farklı yapılardır.

Ahşap yapılar eski dönemlerde, ahşabın yerini tutan malzemelerin çeşitliliğinin olmaması, direnç ve görünüş özelliklerinin çok iyi olması, ucuz ve kolay temin edilebilir olması, üst yüzey işlemleri ve uygulama tekniklerine olanak sağlaması gibi unsurlardan dolayı çok fazla tercih edilmişlerdir. Ancak günümüzde bu yapıların terk edilerek şehir yaşamına geçilmesi bahsedilen eserlerde bazı bozulmalara ve deformasyonlara neden olsa da varlıklarını günümüze kadar sürdürmüşlerdir. Bununla birlikte kırsal alana tekrar göç eden insanlarda şehir mimarisinde betonarme yapılara olan ilgi artmaktadır. Bunun nedenleri arasında; ahşabın artık eskisi kadar ucuz olmaması, kolay temin edilememesi ve çağdaş yaşam anlayışının ağır basması gibi etkenler gösterilmektedir. Bu durum Artvin'in Şavşat ilçesinin köylerinde görülmeye başlanmıştır. Bunun yanı sıra

günümüzde kırsal mimariye olan ilgi ve köy yaşantısına duyulan özlem yöre insanının tekrar köye dönmesini tetiklemiştir. Fakat yeni bir ahşap yapının inşasında; ahşap malzemenin eskisi kadar ucuz olmaması ve kolay temin edilememesi gibi sıkıntılardan dolayı bu durum zorlaşmıştır. Neticede mevcut eski kırsal mimariye sahip ahşap evler değerli hale gelmekte ve bunların restorasyon çalışmalarına olan ilgi artarak bu gibi eserlerin yaşatılması sağlanmaktadır (Kaya ve Yılmaz 2019). Aslında bu ahşap evlerde yaşamının ve kırsal mimarideki eserlerin yaşatılması gönünlük esasına dayanmaktadır (Eres 2016).

Şavşat evlerinin kırsal mimaride yaşatılması sadece bulunduğu konuyla değil, aslında somut kültürel miras anlayışında yapım teknikleri, görünüş, plan, kullanılan ahşap türü, ahşap süsleme teknikleri, yöresel mimari motifler, renk gibi unsurlarında hesaba katılarak başka lokasyonlarda uygulanmasıyla sağlanabilir. Bununla birlikte manevi bir hava yaratma, farkındalık ve kırsal mimariyi hatırlatma gibi unsurlar oluşturulabilmektedir. Bu bağlamda mevcut çalışmanın amacı; kırsal mimari ve ahşap yapıları bünyesinde barındıran Doğu Karadeniz Bölgesi'nin özgün öğelerinden biri olan "Ahşap Şavşat Evleri" nin yaşatılması adına bu değerleri hatırlatacak, tekrar kırsal mimariye yönlendirecek, oralarda yaşamayı teşvik edecek kent mekânlarında yer alacak somut özgün bir eser oluşturmaktır. Bu nedenle Artvin Çoruh Üniversitesi kampüsünde mekân ve boyut oranları da hesaba katılarak hâkim bir yere kullanım yeri ve amacı farklı olan ahşap bir eser inşa edilmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında Artvin ili Şavşat ilçesinde bulunan geleneksel ve tamamıyla ahşaptan yapılmış Şavşat evleri inceleme konusudur. Saha çalışmasında Şavşat ilçesine gidilip buradaki Maden köyü, Çoraklı köyü, Atalar, Meydanlık, Yavuzköy, Cevizli, Kocabeyköy ve Şavşat ilçe merkezinde bulunan bazı ahşap yapılar incelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Bu ahşap yapılarda kullanılan ahşap birleştirme şekilleri, kullanılan ağaç türleri, kullanılan ahşap koruma yöntemleri, ahşap süsleme teknikleri ve motifleri de dikkate alınarak Artvin Çoruh Üniversitesi Endüstriyel Tasarımlar Uygulama ve Araştırma Merkezi tesislerinde üretim işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tesiste parça parça kurulan

ve ortaya çıkarılan bu yapı, daha sonra bölümleri sökülerek asıl uygulama alanında tekrar kurulmuştur. Araştırma kapsamında Şavşat evlerinin bulunduğu Şavşat ilçesi, Gürcistan, Ardağan, Ardanuç, Borçka ve Artvin ile sınırları bulunmakla birlikte bir boğaz geçişi konumundadır. Bununla birlikte çevresinde coğrafi durumdan dolayı bulunduğu

koşullar çeşitlilik göstermektedir. Bu durum kırsal kesimde yaşam meskenleri üzerine etki etmektedir. Şavşat evleri de bundan etkilenmiştir. Şekil 1’de Şavşat ilçesinin konumu gösterilmektedir.



Şekil 1. Artvin İli Şavşat İlçesi haritası (URL-1)

Geleneksel Şavşat Evlerinin Bazı Özellikleri

Şavşat evlerinin kendine has özelliği “ayvan” olarak adlandırılan genellikle üç tarafının balkonlar ile çevrelenmesidir. Bu bölümden eve girilmekte ve salonlardan bu balkonlara geçiş bulunmaktadır. Bununla birlikte ayvanın alt kısmında bulunan asma tuvalet yine buraya özgü bir kısımdır (Doğanay ve Orhan 2014). Eğimin vermiş olduğu şartlar neticesinde Şavşat evinin tek cephesi dağ tarafına doğru gömülü biçimde olabilmektedir. Şavşat evlerinin yapı malzemesi taş ve ahşaptandır. Ahşap yığma üzerine kurulu karkas şeklinde ve çoğunlukla iki katlı yapıdır. Bununla birlikte bu yapı bulunduğu konumdan sökülerek

farklı bir yere taşınabilmektedir (Tırnakçı 2017). Bu taşınabilme özelliği ile kiriş ve kolon sistemlerinden oluşan çerçeve konstrüksiyon ile yapılmış Japon geleneksel konut mimarisine benzetilebilir. Depreme dayanıklı olan bu ahşap yapılar geri dönüşüme uygun şekilde yapı parçalarına herhangi bir zarar oluşturmadan destek elemanları sökülüp yeniden başka yerde kurulabilmektedir (Satoshi 2006, Yasuhara ve ark. 2007). Şavşat yöresindeki ahşap evler Şekil 2’de gösterilmektedir.

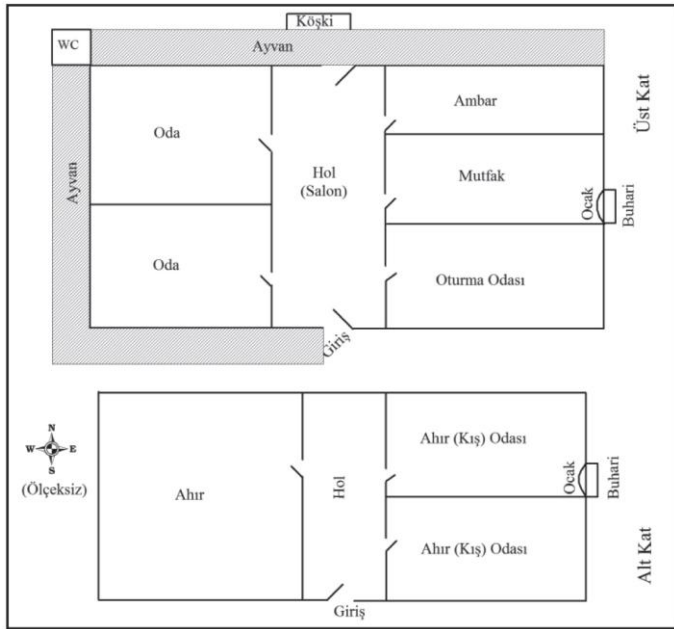


Şekil 2. Şavşat evlerinin görünümü (Foto: B. Çakıroğlu tarafından çekilmiştir)

Geleneksel Şavşat evinin en güzel kısımlarından birisi de "köşki" diye adlandırılan çıkma biçiminde bulunan köşk

kısımıdır. Bu bölüm genellikle ahşap evin en güzel manzaralı yerine bakacak şekilde yapılmaktadır. İç kısımda kademeli bölme olup oturulacak ergonomide planlanmaktadır.

Ahşap süsleme tekniklerinin dikkat çekici biçimde oluşturduğu kısım olan köşklere yöreye ait motifler uygulanabilmektedir. Mutfak kısmında ocak ve buhari bulunmaktadır. Ayrıca yöreden yöreye değişkenlik gösteren üst çatı katı üçgen biçimli teras olarak kullanılmaktadır. Bu bölüme geçiş seyyar olan ahşap merdiven yardımıyla olmakta ve en güzel kısmında da çardak denilen oturma kısmı bulunmaktadır. Meydancık köyünde sıklıkla uygulandığı bilinmektedir (Doğanay ve Orhan 2014). Şekil 3'te Şavşat yöresine ait geleneksel mesken planı gösterilmektedir.



Şekil 3. Geleneksel mesken planı Şavşat yöresi-İlica köyü (Doğanay ve Orhan 2014)

Şavşat Evi Köşki Kısım Ahşap Süsleme Teknikleri ve Motifleri

Şavşat evini farklı gösteren unsurların başında gelen köşk kısmı Şavşat ilçesinin farklı köylerinde çeşitlilik göstermektedir. Evin genellikle en güzel manzarasına konumlandırılan bu bölüm yaklaşık olarak genişliği 1.5 m, uzunluğu 2 m olacak şekilde tasarlanmaktadır. Bulduğu konum itibarıyla ahşap evin hizasından dışa doğru bulunması açık ve ferah bir hava oluşturmaktadır. Burada sohbet etme,

doğal meyvelerin kurutulması, istirahat etme ve gelen misafirlerin ağırlandığı gibi amaçlar içermektedir. (Albayrak ve Yılmaz 2020). Bu nedenle köşk kısmında süslemeye çok önem verilmektedir. Tek kemerli köşki kısımları olduğu gibi yan yana çift kemerli ve çoklu kemerlerde köşklere bulunmaktadır. Eski yapılarda süslemelerin yoğun olduğu görülmektedir. Bu süslemelerin aksine yeni yapıların köşk kısımlarında mahir ustaların az olması nedeniyle daha sade uygulamalara rastlanılmaktadır. Şekil 4'te Şavşat evi köşki kısımlarındaki bazı süslemeli örnekler gösterilmektedir.



Şekil 4. Şavşat evi köşk kısımları (Doğanay ve Orhan 2014)

Köşki ve ayvana en güzel örneklerin verildiği Artvin ilinin Ardanuç ilçesinde de Şavşat evine benzer görünümde geleneksel süslemeler bulunmaktadır. Geçitli köyü ve Aydın köyünde bulunan süslemeli ahşap yapılardan bazıları Şekil 5'te gösterilmektedir.



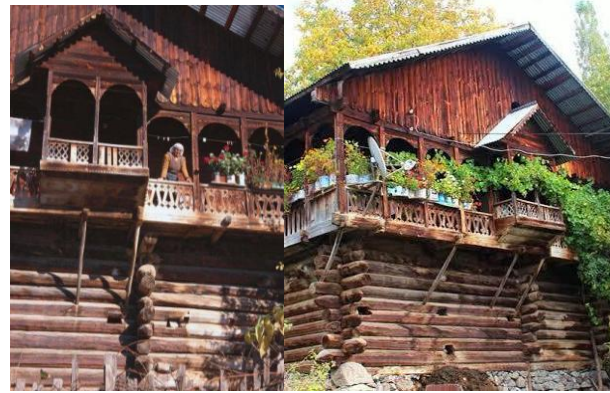
Şekil 5. Artvin'in Ardanuç ilçesinde ayvan ve köşkteki ahşap süslemeler (Foto: Sorumlu Yazar tarafından çekilmiştir)

Şavşat evi köşk kısımları ve ayvan korkuluklarında bazı geometrik şekilli motifler kullanılmaktadır. Kurt dişi bordürler, üçgen motifler, yuvarlak satırlı motifler, saçak altı dairesel motifler, korkuluk içi kıvrımlı "S" desenli süslemeler yine korkuluk içi "X" desenli süslemeler çoğunlukla uygulanmaktadır. Genelde kafes oyma tekniğinin kullanıldığı ve nadirde olsa oymalı işlemlerin bulunduğu süslemelere de rastlanmaktadır. Motiflerin Şavşat yöresindeki bazı kilimlere de yansıdığı bilinmektedir. Yöredeki veya komşu yakın bölgelerde bulunan dini mabetlerden, kilise ve camilerin süslemelerinden de örneklerin alındığı söylenilebilir. Nitekim bazı Şavşat evlerinde köşki ve ayvan süsleme motifleri Kars Kümbet Camii süslemeleriyle çok benzerlik göstermektedir. Şekil 6'da Kars Kümbet Camii bazı süsleme motifleri gösterilmektedir.



Şekil 6. Kars Kümbet Camii bazı süslemeli motifleri (Foto: B. Çakıroğlu tarafından çekilmiştir)

Şavşat'ta bulunan ahşap bir evin ayvan korkulukları ve köşk korkuluklarının motiflerinin çok benzerlik gösterdiği Şekil 7'de gösterilmektedir.

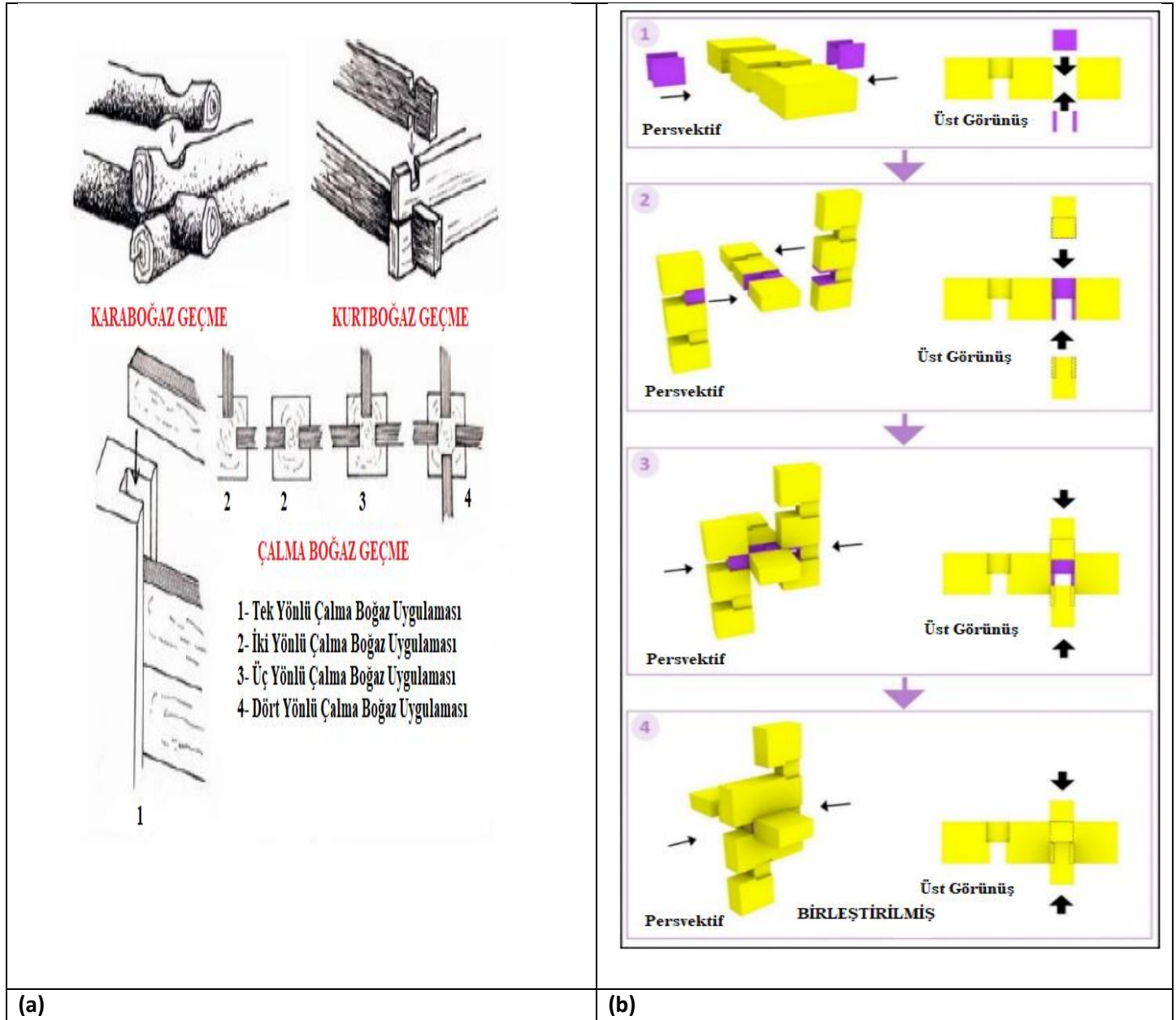


Şekil 7. Şavşat'ta bulunan ahşap bir evin korkuluk motifleri (URL-2)

Geçme Tekniği

Bu teknik Şavşat evlerinin ortak sayılabilecek özelliklerindedir. Taş bir temel üstüne ahşapların yatay biçimde yığılmasıyla elde edilmektedir. Yığma işlemi ahşap malzemelerin birbirine geçme ve kenetleme prensibine dayanmaktadır. Bu geçmelerin sağlamlığı ahşap kısımların uçlarında bulunan yivli ve çentiklerin sayesinde oluşmaktadır. Bu geçme sistemi boğaz geçme sistemi olarak da adlandırılmaktadır (Tuna 2008). Çivi kullanılmadan duvarların örülerek meydana getirildiği bu teknikte, genelde mereler ve hayvan barınma

yerlerinde tomruklar kullanılarak yapılan geçmeye “kara-boğaz geçme” adı verilmektedir. Ayrıca kerestelerin ve kalsaların geçme şeklinde uygulandığı evin yaşam bölümünde, serenderlerde ve üst katlarda görülen “kurtboğaz geçme” tekniği de bulunmaktadır. Bununla birlikte iç mekân bölmelerinin meydana getirilmesinde genellikle istenilen doğrultuda dikmelerin olduğu ve bunların içlerine kereste ve diğer ahşap malzemelerin yığılmasıyla oluşan “çalma boğaz” denilen bir teknikte bulunmaktadır (Orhan ve ark. 2019). Şekil 8’de boğaz geçme teknikleri gösterilmektedir.



Şekil 8. (a) Boğaz geçme teknikleri (Tuna 2008), (b) Kurtboğaz tekniğinin mekanik bağlantısı (Ertan ve Adem 2024)

Şavşat ilçesinin Maden köyünde tamamıyla ahşap yapılardan oluşan geleneksel evler halen sağlamlığını korumaktadır. Karaboğaz ve kurtboğaz geçme tekniklerinin çok güzel örnekleri burada uygulanmıştır.

Şekil 9'da Şavşat'ın Maden köyünde bulunan bazı ahşap yapıların geçme teknikleri gösterilmektedir.



Şekil 9. Geçme teknikleri-Şavşat'ın Maden köyü (Foto: Sorumlu Yazar tarafından çekilmiştir)

Uygulama Yapısında Kullanılan Ağaç Türünün Özellikleri

Şavşat evinin kırsalda inşası, genelde ulaşılabilir ve temininin daha kolay olmasından dolayı yöre ve çevresinde bulunan göknar, ladin, çam ve kestane ağaçlarından oluştuğu bilinmektedir. Bu çalışmada ise yöreye uyumlu sarıçam ağaç türünden yararlanılmıştır. Sarıçam ağaç türü odunun enine kesimine bakıldığında yıllık halka sınırları belirgin olup rengi ise sarımsı beyazdır. Odunu parlak değildir ve oldukça serttir. Orta yoğunlukta olup dekoratif bir görünüme sahiptir. Sarıçam odununun bazı fiziksel özellikleri incelendiğinde, tam kuru yoğunluk 0.496 gr/cm^3 , hava kurusu yoğunluk 0.526 gr/cm^3 , hacim- ağırlık değeri

0.426 gr/cm^3 , radyal daralma %4.3, teğet daralma %8.3, hacmen daralma %12.7'dir. Bazı mekanik özellikleri ise basınç direnci 64 N/mm^2 , eğilme direnci 100 N/mm^2 , elastikiyet modülü 12000 N/mm^2 , çekme direnci 104 N/mm^2 , makaslama direnci 10 N/mm^2 , brinell sertlik liflere paralel 40 N/mm^2 , brinell sertlik liflere dik 19 N/mm^2 'dir (As ve ark. 2001).

Sarıçam ağaç malzemesi kereste halinde ve geçme kanalları açılmış biçimde üretime alınmaktadır. Öncelikle atölye şartlarında inşa edilmeye çalışılan Şavşat evi daha sonra esas yerine montajlanmıştır. Şekil 10'da inşa edilmeden önce Şavşat evinde kullanılan ağaç malzeme gösterilmektedir.



Şekil 10. Şavşat evinde kullanılan sarıçam ağaç malzemesi

Şavşat ilçesinde ve köylerinde yapılan bazı araştırmalar ve incelemeler neticesinde uygulama alanının konumuna da uygun oluşturulacak ahşap yapının çizimi ve tasarımı yapılmıştır. Bununla birlikte Şavşat evi görünümünde planlanan yapıya bazı özgün eklemeler yapılarak farklı bir oluşum sağlanmıştır. Böylece içerisinde oluşturulacak bir yaşam alanının yanı sıra Artvin iline ve Artvin Çoruh Üniversitesine ait yöresel ürünler de sergilenebilecektir. Çalışmada, Autocad 2025, Sketchup 2023 ve Alphacam 2023 programları kullanılmıştır. Autocad programı istediğimiz ölçülerde çizimlerin kolaylıkla yapıldığı, 2D ve 3D boyutlarında çizimlerin optimizasyonunun sağlandığı bilgisayar yardımıyla bir tasarım programıdır (URL-3). Sketchup programı ise temelden gelişmiş iş akışlarına kadar, dinamik modeller oluşturmak için basit 3B çizim araçlarının oluşturulması, yapılan çizime göre tasarım ve modellemelerin yapıldığı bir programdır (URL-4) Alphacam ise ahşap, taş, metal ve diğer endüstrilerde, oyma, kabartma, kesme gibi işlemler için akıllı ve sezgisel bir CAD CAM yazılımıdır. Dahası, yapılan tasarımların ve modellemelerin CNC makinesi ile uyumlu kodların üretilmesi için gerekli bir programdır (URL-5).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ağaç türünün belirlenmesi ve temini sonucunda üretim aşamaları tasarım ve çizimlerle birlikte devam etmektedir. Taban alanı 40 m² olan bu ahşap yapının bazı teknik görünüşleri Şekil 11’de gösterilmektedir.

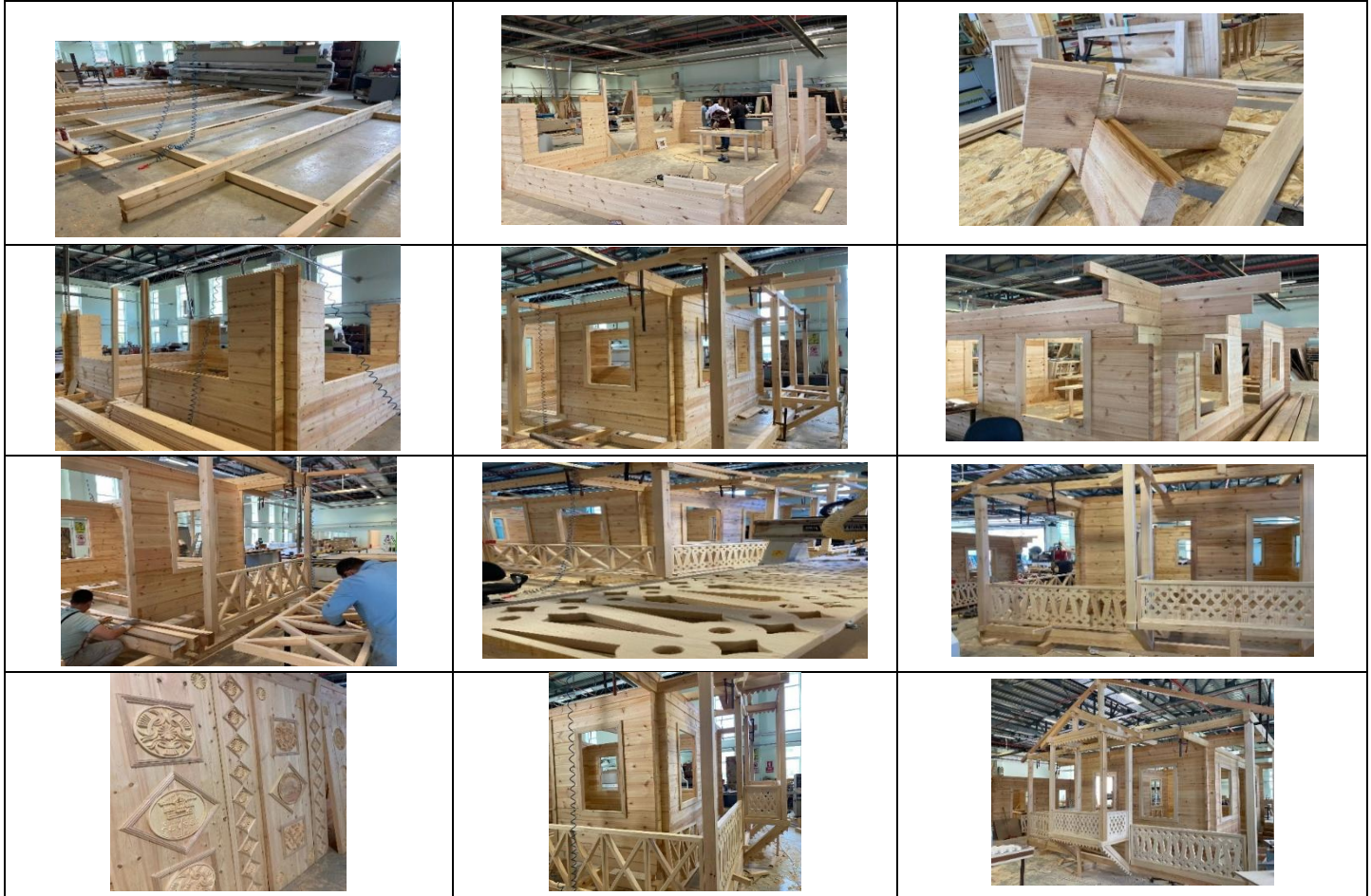
Mevcut çizimler ve tasarımlar doğrultusunda atölyenin uygun bir yerinde üretim ve kurulum işlemleri yapılmaya başlanılmıştır. İlk önce temelden itibaren “geçme tekniği” ile birlikte ahşap malzemeler yerleştirilmektedir. Şekil 12’de ahşap geçmeli malzemelerin kurulumu gösterilmektedir.

Şekil 12’de görüldüğü gibi geleneksel Şavşat evinde olduğu gibi ahşap parçalar “kurtboğaz” geçme tekniğine benzer biçimde kanallı geçmeler ile oluşturulmaktadır. Yapının bütününde bu anlayışta birleştirilen ahşap parçaların belirli bir süre bu ortam da bekletilerek kanalların alışması sağlanmaktadır. Üretim esnasında birleştirmelerin yanı sıra CNC makinesi ile köşki kısmındaki süslemeler, kapı süslemeleri ve ahşap korkulukların motifleri yapılmaktadır. Köşki kısmının korkuluk motifleri ve ayvan kısmının köşk bölümündeki korkuluk motifleri geleneksel Şavşat evlerinin motiflerine sadık kalınarak ortaya çıkarılmıştır. Bu işlemede çizimi ve modellemesi yapılan motifler CNC ile 40 mm kalınlığında sarıçam malzemeleri üzerine yapılmıştır. Yine köşki kısmının belli açıyla oluşturulan alt kısmında ise saçak altı süslemelere uygun dairesel hatlar bulunmaktadır. Genel üretimin yapılmasını takiben parçalar tek tek sökülerek markalama (numaralandırma) işlemiyle asıl konumlandırılacağı yere taşınmaktadır.

Şekil 13’te Şavşat evinin konumlandırılacağı Artvin Çoruh Üniversitesi bünyesindeki alan gösterilmektedir.



Şekil 11. Ahşap Şavşat evinin Sketchup programı ile modellenmesi



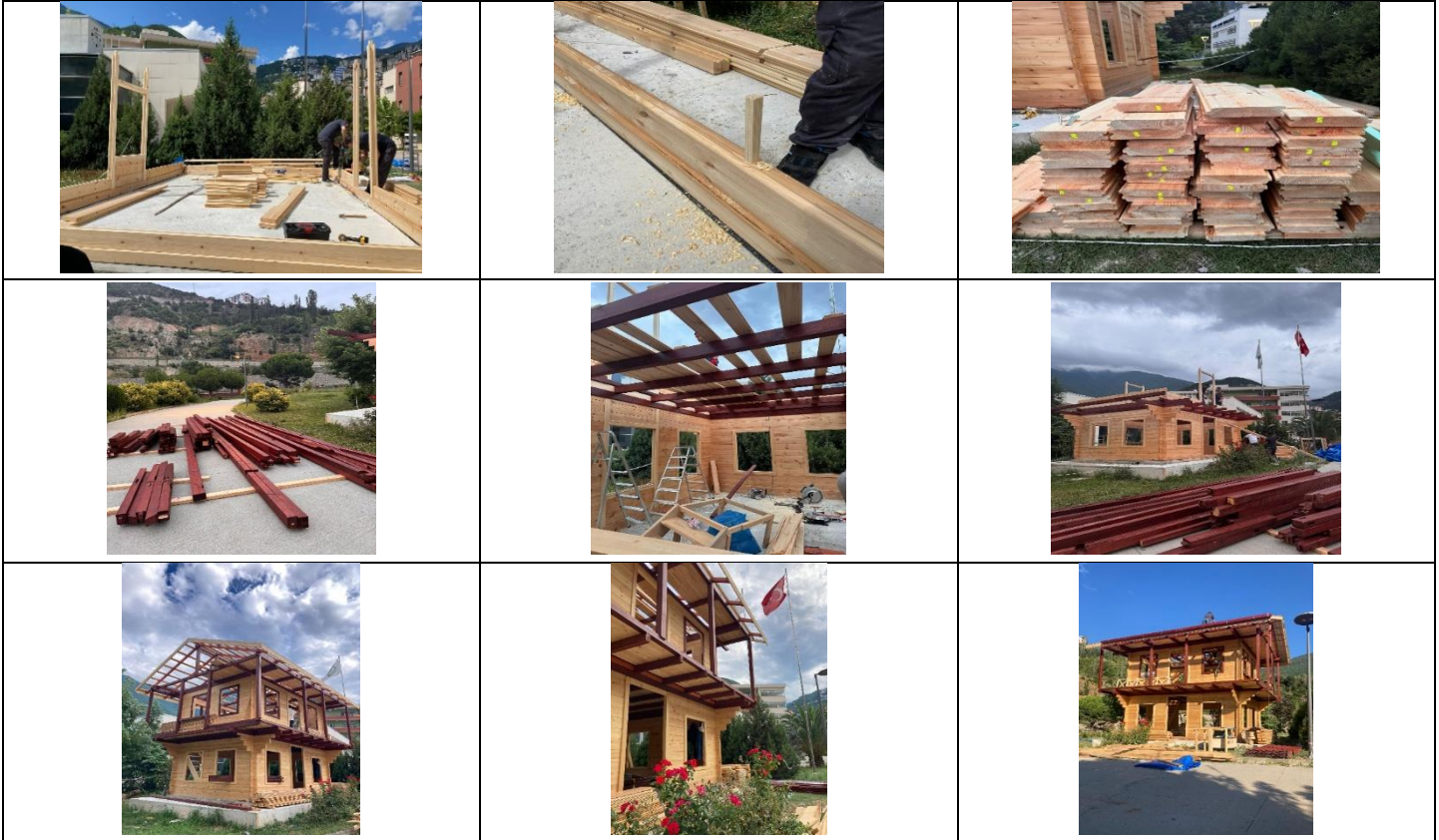
Şekil 12. Şavşat evinin atölyede kurulum aşamaları ve geçme tekniği



Şekil 13. Şavşat evinin kurulacağı alan

Hafif eğimli olan alana, hesaplamalar doğrultusunda temel beton ile düz bir zemin meydana getirilerek ahşap yapının kurulumu gerçekleştirilmiştir.

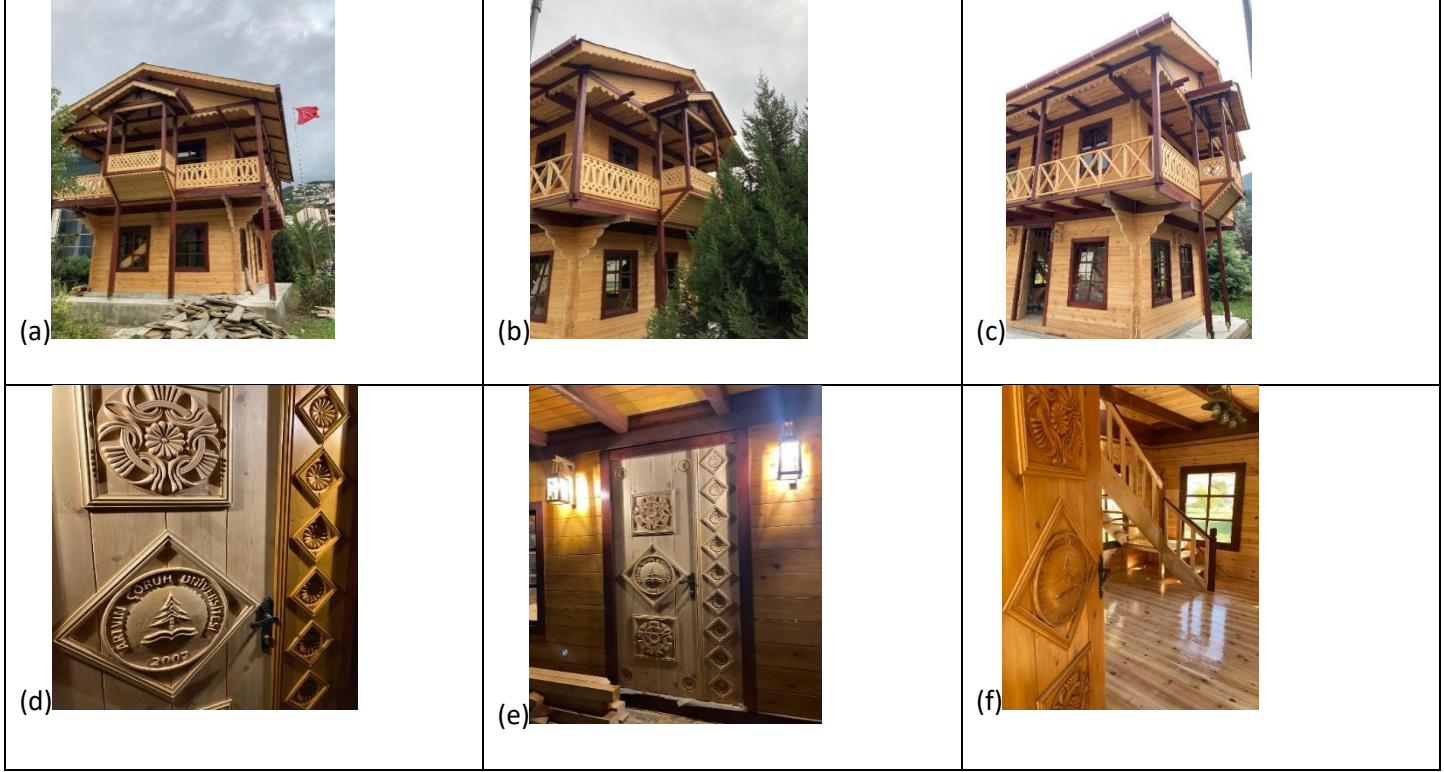
Şekil 14’te markalama işlemiyle hazırlanan ahşap malzemelerin yerinde montajı gösterilmektedir.



Şekil 14. Şavşat evi yerinde kurulum aşaması

Dış mekân koruyucu boya uygulaması ile iki farklı renkte muhafaza sağlanmıştır. Dış hava koşullarına uygun seçilen bu yöntem de ana direkler ve bazı geçiş elemanları daha koyu renkte uygulanarak farklı bir görünüm elde edilmiştir. Koyu renkli malzemelerin uygulanması montaj öncesi,

diğer kısım ise yapı üzerinde boyanmıştır. İşlem uygun fırçalar ve rulo yardımıyla uygulanmaktadır. Köşki kısmı ve kapılar, motiflerin ve süslemelerin daha yoğun olduğu için evi gösteren bölümlerdir. Şekil 15’te köşki kısmının ve kapıların uygulaması gösterilmektedir.



Şekil 15. Köşk (a, b, c) ve kapıların (d, e, f) görünüşleri

İç mekânda bazı donatı elemanları ile oluşturulması, dış zemin doğal taş döşemesi, son renk koruyucu boya uygulamaları, aydınlatma ve zemin vernik işlemleri

sonucu son halini alan ahşap Şavşat evinin görünümü Şekil 16’da gösterilmektedir.



Şekil 16. Şavşat evi son hali

Şavşat'ın doğal yapısı ve güzellikleriyle bütünlük oluşturan ahşap evlerin kırsal turizm açısından farkındalığının oluşturulması gerekmektedir. Nitekim bu faaliyetler kırsalda uygulanan faaliyetler olmakla birlikte, nüfusun yoğun olduğu yerlerde de konumlandırılmaları Şavşat evlerine olan ilgiyi arttırabilmektedir. Kırsalda geleneksel köy meskenleri ve Şavşat evlerinin koruma koşullarının sağlanması ve turizm açısından değerlendirilmeleri ev pansiyonculuğunu da teşvik edebilmektedir. Bu durumla ilgili İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü tarafından yapılan birçok çalışma çok verimli olamamıştır. Bununla birlikte Doğanay ve Orhan (2014)'a göre Şavşat yöresinin ve ahşap Şavşat evlerinin turizm açısından beklenen ilgiye ulaşmamasının tanıtım eksikliğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ayrıca ulusal ve uluslararası tanıtımın sağlanacağı değişik aktiviteler, üniversitelerdeki akademisyenlerin destekleri ve farklı projelerle tanıtımın yapılabileceğine vurgu yapmışlardır. Yapılan bir araştırmada (Göçmen ve Mazlum 2011) günümüzde, yöredeki ahşap konut geleneğini devam ettirebilmenin, yeni inşaat ve bakım aşamasında malzeme ve nitelikli usta sıkıntısı yaşandığı için zorlaştığı, sonuç olarak bu durumun da yöre halkının özgün mimari geleneklerini terk etmesine neden olduğu belirlenmiştir.

Dolayısıyla bu çalışmanın ahşap yapılara olan ilgiyi artırabileceği ve yöre insanında turizm bilincinin oluşmasına önemli katkılar sağlayabileceği yadsınamaz bir gerçektir. Ayrıca yapılan bir çalışmada (Okan ve ark. 2016) Şavşat yöresinde bulunan Papart Vadisi'nin doğal ve kültürel kaynak değerleri ekoturizm açısından değerlendirilmiştir. Geleneksel ahşap mimarisinin tarihi değeri dendrokronolojik yöntemlerle belirlenmiş ve geleneksel mimarinin yerel olarak sürdürülmesini kolaylaştırmak için koruma önerileri geliştirilmiştir. Yapılan mevcut çalışmada da Şavşat evine ahşap koruma yöntemleri uygulanmış ve ağaç türü seçiminin önemine de vurgu yapılmıştır.

Şavşat evi kültürü ve mimarisini gösterebilmek, yaşatabilmek ve teşvik edebilmek adına bazı yapı çalışmaları bulunmaktadır. Mevcut çalışma ile uyumlu olarak Şavşat Kaymakamlığı'nın Yavuzköy'de geleneksel köy konutlarıyla benzer bir ahşap yapısı ve Bursa İnegöl Şavşatlılar Derneği Şavşat kültür evi (URL- 6) örnek gösterilebilir. Şekil 17'de bu ahşap yapılar gösterilmektedir.



Şekil 17. Günümüzde bazı Şavşat evi uygulamaları

SONUÇ VE ÖNERİLER

Geleneksel kırsal mimarideki ahşap Şavşat evleri bulunduğu konum itibarıyla doğal güzellikleri, kültürel yaşayışlar, temiz havası, kendine özgün faaliyetleri ile turizm açısından önemlidir. Mevcut çalışmada vurgulandığı gibi böylesi çalışmalar sayesinde üniversite ile iş birliği çerçevesinde projeler geliştirilerek bozulmaya yüz tutmuş geleneksel ahşap yapıların onarımına dikkat çekilebilir ve dolaylı olarak kültürel mirasın sürdürülebilirliğine önemli katkılar sağlanabilir. Bu çalışmanın sonucunda kırsal mimarinin özgün öğelerinden biri olan "Ahşap Şavşat Evleri" nin yaşatılması adına; bu yapıları hatırlatacak, tekrar kırsal mimariye yönlendirecek, oralarda yaşamayı teşvik edecek olan ve kent mekânlarında yer alan somut, özgün bir eser oluşturulmuştur. Bununla beraber, teknolojik imkânlarda kullanılarak geleneksel yöntemlere uygun ahşap yapıların yapılabilirliğine dikkat çekilmiştir. Ağaç türü olarak yöreye uygun ağaç seçiminin önemi belirlenmiş, Artvin'in doğal ağaç türü olan sarıçam ağaç malzemesinin olumlu neticeler verdiği görülmüştür. Sarıçam ağaç türünün geçme tekniğine uygun olduğu, birleştirmelere ve kurulum öncesi markalamaya uygun olduğu, sökme ve rekonstrüksiyon işlemlerinde problem oluşturmadığı, CNC işlemlerinde motiflerin meydana getirilmesinde, zımparalamada, üst yüzey işlemlerinde kullanışlı olduğu, uygun kurutma şartları sağlandığında çalışma (daralma ve genişleme) gözlemlenmediği ve bununla beraberde geçme tekniği için uygun tür olduğu görülmüştür.

Ayrıca bu çalışmaya farklı açıdan bakıldığında; geleneksel motiflerin ahşap Şavşat evinde kullanımının nereden geldiği? Konusu irdelenebilir. Bu bakımdan irdelenirse Gürcistan'da, Acara Özerk Bölgesi'nde ve diğer yöreye yakın yerlerde bulunan tarihi mekânlarda rastlanılan benzer motifler bulunmaktadır. Gürcü yapılarından veya Gürcü ustaların uygulamalarından süregelen olduğu düşünülebilir. Dahası, bu motiflerin nereden geldiği? veya dönemin mahir ustalarının tasarımları mı olduğu? başka bir araştırma konusu olarak düşünülebilir.

Dünyanın tüm kıtalarında farklı ahşap yapılar bulunmakta ve dünya UNESCO miras listesinde yer almaktadır. Şavşat yöresinde bulunan Şavşat evleri de farklı geleneksel mimari sistemler ve özgünlükler ile çevrili yapılardır. Öyle ki

Şavşat ilçesinde Maden (Bazgiret) köyü, Cevizli (Tibet), Kocabey ve Meydancık başta olmak üzere birçok nokta da halen bu yapılar köy meskeninin tamamını kapsamaktadır ve bahsedilen yapılarda günlük hayat devam etmektedir. Bu nedenle çalışmanın temel noktası olan Şavşat evlerinin bakımı, onarımı, tanıtılması ve yaşatılması adına farkındalık oluşturulması çok önemlidir.

TEŞEKKÜR

Çalışma kapsamında Artvin Çoruh Üniversitesi Endüstriyel Tasarımlar Uygulama ve Araştırma Merkezi tekniklerine, Eserin taş süsleme sanatını uygulayan Öğr. Gör. Fikri ÖZKAN'a, yapım aşamasında emeği bulunan başta Olgunay KOÇAL ve Özen Furkan DURMUŞ olmak üzere 2023-2024 dönemi "İç Mekân Tasarım Programı" öğrencilerine teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Akbaş G (2019) Vernaküler Mimaride Süreklilik ve Kurtboğaz Tekniği ilişkisi. In Erçetin, A., Aydemir, D. (Eds.), Geleceğin Dünyasında Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar 2019: Mimarlık ve Tasarım, (1-10). Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Albayrak L, Yılmaz C (2020) Kültürel miras bağlamında geleneksel kırsal mimarisinin yaşatılmasına bir örnek: Bahçeciler Evi (Şavşat, Artvin). *Öndokuz Mayıs Üniversitesi İnsan Bilimleri Dergisi*, 1(2):193-225.
- As N, Koç H, Doğu D, Atik C, Aksu B, Erdinler S (2001) Türkiye'de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51 (1):71-88. <https://doi.org/10.17099/jffiu.15049>
- Bıçer ÖP, Şahin N (2020) Geleneksel ahşap yapım sistemlerinin uygulamalar üzerinden incelenmesi. *Mimarlık ve Yaşam*, 5(2):577-602. <https://doi.org/10.26835/my.785584>
- Doğanay H, Orhan F (2014) Şavşat'ta geleneksel köy meskenleri ve başlıca sorunları. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(1):273-298.
- Eres Z (2016) Türkiye'de geleneksel köy mimarisini koruma olasılıkları. *Ege Mimarlık Dergisi*, 1(92): 8-13.
- Ertan İB, Adem PÇ (2024) Computational design with Kurtboğaz: the generation of timber structures with an aggregative design algorithm. *Journal of Computational Design*, 5(2):235-258. <https://doi.org/10.53710/jcode.1514063>
- Göçmen D, Mazlum D (2011) Artvin-Şavşat kırsal mimarisinin özgün bir örneği: Zurabet Evi. *TÜBA-KED Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi*, (9):49-76.
- Gülcan B (2010) Türkiye'de kültür turizminin ürün yapısı ve somut kültür varlıklarına dayalı ürün farklılaştırma ihtiyacı. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 2(1):99-118.
- Güngör E (1990) Türk Kültürü ve Milliyetçilik. İstanbul: Ötüken.
- Karakul Ö (2019) Kerpiç mimaride bezeme. *Yapı Dergisi*, 44:64-71.
- Karakul Ö (2021) Doğu karadeniz'in geleneksel yapı kültürüne yapı ustaları üzerinden bütüncül bir değerlendirme. *Art-Sanat*, 16:381-407. <https://doi.org/10.26650/artsanat.2021.16.0013>
- Kaya M, Yılmaz C (2019) Kuzey Anadolu'da geleneksel mimari: Ayancık yöresinde taş örtülü evler. *Nobel Bilimsel Eserler*, s.115

- Okan T, Köse N, Arifoğlu E, Köse C (2016) Kırsal alanlarda geleneksel ahşap mimarinin ekoturizm potansiyelinin değerlendirilmesi: Pa-part Vadisi örneği. *Sürdürülebilirlik*, 8 (10):974.
- Orhan F, Zaman S, Çavuş A (2019) Artvin ilindeki Geleneksel Kırsal Mesken Mimarisine Bir Örnek: Ahşap Yiğma Evler. In 1st İstanbul International Geography Congress Proceedings. İstanbul University Press. <https://doi.org/10.26650/PB/PS12> (Vol. 42).
- Satoshi Y (2006) The tradition of wooden architecture in Japan. *Agency for Cultural Affairs*. Erişim tarihi: 25 Mayıs 2025.
- Tırnakçı A (2017) Kırsal Peyzaj kimliğinin sürdürülebilirliği ve Yavaş şehir (Cittaslow) hareketi: Artvin-Şavşat Örneği. *Paradoks: The Journal of Economics, Sociology & Politics*, 13(1): 33-46.
- Tuna C (2008) Orta Karadeniz Bölgesi Sahil Kesiminde Geleneksel Mimari. İstanbul: Arkeoloji ve Sanat Yayınları.
- URL-1, http://cografyaharita.com/turkiye_mulki_idare_haritalari.html, Erişim tarihi: 14.05.2025.
- URL-2, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C5%9Eav%C5%9Fat_evleri.jpg, Erişim tarihi: 17.06.2025.
- URL-3, <https://www.autodesk.com/tr/products/autocad/free-trial>, Erişim tarihi: 12.06.2025.
- URL-4, <https://www.sketchup.com/en>, Erişim tarihi: 10.05.2025.
- URL-5, <https://hexagon.com/products/product-groups/computer-aided-manufacturing-cad-cam-software/alphacam>, Erişim tarihi: 15.05.2025.
- URL- 6, <https://x.com/durmusaydin1608/status/1378348489885814785>, Erişim tarihi: 04.06.2025.
- Yasuhara M, Sakiyama T, Libuchi K (2007) Characterization of Space around Japanesetraditional Buildings. Visible Music” on the approach to Horyuji Temple, Saiin (West Compound)” WIT Transactions on the Built Environment.

Kampüs Alanlarında Perennial Bahçe Tasarımı, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkez Kampüs Örneğinde Öneri Proje ve Kullanıcı Algısı

Perennial Garden Design in Campus Areas, Proposed Project and User Perception in the Example of Recep Tayyip Erdoğan University Central Campus

Gülçay Ercan OĞUZTÜRK¹, Türker OĞUZTÜRK^{*2}, Ayşe MENGENE³, Neslihan TERZİ³

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Peyzaj Teknikleri Anabilim Dalı, Rize

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Peyzaj Planlama ve Tasarım Anabilim Dalı, Rize

³Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Rize

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi/Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1736310

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Türker OĞUZTÜRK

e-mail: turker.oguzturk@erdogan.edu.tr

Geliş tarihi / Received

07.07.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

05.09.2025

Kabul tarihi / Accepted

10.09.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Otsu perennial bitkiler

Peyzaj tasarımı

Kullanıcı algısı

Kampüs peyzajı

Sürdürülebilirlik

Keywords:

Herbaceous perennial plants

Landscape design

User perception

Campus landscape

Sustainability

Özet

Bu çalışmanın amacı, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi (RTEÜ) Merkez Kampüsü için otsu perennial bitkilerle önerilen bir bahçe tasarımını ve bu tasarıma yönelik kullanıcı algısının değerlendirilmesidir. Bu amaçla AutoCAD ve SketchUp programları ile tasarım görselleri oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan görseller için kullanıcı algısı, estetik, işlevsellik ve sürdürülebilirlik başlıkları altında kampüs kullanıcılarına anket uygulanmıştır. Anket kapsamında, önerilen bahçeye ilişkin estetik, işlevsellik ve sürdürülebilirlik boyutlarını kapsayan 9 maddelik bir tutum ölçeği ile yapılandırılmıştır. Ölçek güvenilirliği Cronbach's Alpha katsayısı ile test edilmiş ve yüksek iç tutarlılık düzeyi elde edilmiştir ($\alpha=0.974$). Tüm maddeler, 0.814 ile 0.944 arasında değişen yüksek korelasyon değerlerine sahiptir. Özellikle "Önerilen bahçe renk ve doku açısından zengindir" ($r=0.944$) ve "Önerilen bahçe etkileyicidir" ($r=0.918$) maddeleri ölçeğe en yüksek katkıyı sağlayan ifadeler olmuştur. Katılımcıların önerilen bahçeye yönelik genel tutumlarını temsil edecek bir "Bahçe Tutum Skoru" oluşturulmuştur. Tutum puanı ile demografik değişkenler arasındaki farklar t-testi ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile incelenmiş; yaş grupları arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Ayrıca faktör analizi ile ölçeğin tek boyutlu ve yapısal olarak tutarlı olduğu doğrulanmıştır. Araştırma sonucunda, kampüs alanlarında sürdürülebilir ve kullanıcı odaklı peyzaj tasarımlarının benimsenmesi gerektiğini ortaya konulmuş ve perennial bitkilerle oluşturulan estetik, işlevsel ve ekolojik bahçe tasarımlarının kullanıcılar tarafından olumlu karşılandığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda, oluşturulan modelin gelecekteki kampüs projelerinde benzer sorunların çözümüne yönelik önemli bir referans oluşturması beklenmektedir.

Abstract

The aim of this study is to present a proposed garden design using herbaceous perennial plants for the Recep Tayyip Erdoğan University (RTEU) Central Campus and to evaluate user perceptions of this design. For this purpose, design visuals were created using AutoCAD and SketchUp software. Subsequently, a survey was administered to campus users to assess their perceptions of the proposed garden under the themes of aesthetics, functionality, and sustainability. Within the scope of the survey, a 9-item attitude scale was structured to cover the aesthetic, functional, and sustainability dimensions of the proposed garden. The reliability of the scale was tested using Cronbach's Alpha coefficient, and a high level of internal consistency was obtained ($\alpha=0.974$). All items had high correlation values ranging from 0.814 to 0.944. In particular, the statements "The proposed garden is rich in color and texture" ($r=0.944$) and "The proposed garden is impressive" ($r=0.918$) were the items contributing the most to the scale. A "Garden Attitude Score" was created to represent participants' overall attitudes towards the proposed garden. Differences between the attitude score and demographic variables were examined using the t-test and one-way analysis of variance (ANOVA), and a significant difference was found among age groups. Furthermore, factor analysis confirmed that the scale was unidimensional and structurally consistent. The results of the study revealed that sustainable and user-oriented landscape designs should be adopted in campus areas, and that aesthetic, functional, and ecological garden designs created with perennial plants were positively received by users. In this context, the proposed model is expected to serve as an important reference for addressing similar issues in future campus projects.

GİRİŞ

Üniversite kampüsleri, yalnızca eğitim-öğretim faaliyetlerinin yürütüldüğü alanlar değil, aynı zamanda kullanıcıların sosyal etkileşim, dinlenme ve rekreasyon ihtiyaçlarını karşıladığı, estetik, işlevsel ve ekolojik değerleri bir arada barındıran mekânlardır (Yıldırım 2016, Köse 2024). Bu nedenle kampüs peyzaj tasarımı, mekânsal düzenlemelerin ötesine geçerek kullanıcıların psikolojik, sosyal ve fiziksel gereksinimlerini karşılamayı hedeflemelidir. Estetik unsurların doğru biçimde ele alınması, kullanıcıların mekânla bağ kurmasını sağlarken; alanların sürdürülebilirliğini artırmak amacıyla ekolojik çözümlerle desteklenmesi gerekir (Aytaş ve Uzun 2015, Sağlık ve ark. 2021, Çakın ve Güngör 2023).

Günümüzde hızlı nüfus artışı, yoğun yapılaşma, plansız arazi kullanımı ve yeşil alan eksikliği gibi sorunlar, üniversite kampüs alanlarını kentin önemli açık ve yeşil alan bileşenlerinden biri haline getirmektedir (Yüksek 2017, Olgun 2023). Bu bağlamda, kampüslerde görsel kaliteyi artırma ihtiyacı giderek daha kritik hale gelmektedir. Kampüs peyzajları, yalnızca estetik bir deneyim sunmakla kalmayıp, kullanıcıların günün yorgunluğunu atarak ruhsal açıdan rehabilite olacakları alanlar sağlamalıdır (Bilgili ve ark. 2011, Ercan Oğuztürk ve Pulatkan 2023). Bu işlevi yerine getiren bitkisel tasarımlar, dört mevsim boyunca farklı kampüs kullanıcılarına benzer estetik ve ekolojik faydalar sunacak şekilde planlanmalıdır (Kılıçaslan ve Dönmez 2016). Bu doğrultuda bitkisel materyallerin her birinin farklı dönemlerde farklı etkiler sergileyerek ön plana çıkması kampüs alanlarındaki yeşil alanların yıl boyu hareketli kalarak, sürdürülebilir bir etki sunmasına olanak sağlayacaktır (Acar ve Oğuztürk 2024). Ancak mevcut çalışmalarda, yukarıda belirtilen etkileşimleri karşılayan ve sürdürülebilir peyzaj tasarımlarına sahip kampüslerin sınırlı olduğu görülmektedir. Bu durum, üniversite kampüslerinde estetik, işlevsellik ve sürdürülebilirlik odaklı yaklaşımların gerekliliğini ortaya koymaktadır (Çorbacı ve ark. 2020b, Ercan Oğuztürk ve Yüksek 2024, Ercan Oğuztürk ve ark. 2025). Özellikle otsu perennial bitkilerin kullanımıyla görsel çeşitlilik sunan, düşük bakım gerektiren ve ekolojik açıdan avantajlı peyzaj tasarımlarının geliştirilmesi, bu alanda önemli bir ihtiyacı

karşılatabilir (Oğuztürk ve Acar 2024). Perennial (çok yıllık) bitkiler için özel olarak tasarlanan bahçeler, bitkilerin sağlık durumu, verimliliği, büyüme hızları ve hastalık ile zararlılara karşı dayanıklılık gibi çeşitli özelliklerini incelemek amacıyla oluşturulan alanlardır (Smith 2015). Karl Foerster'in öncülük ettiği "perennial bahçe" anlayışı, bitkilerin estetik değerlerini ön plana çıkarmak, test etmek ve değerlendirmek için özenle düzenlenen bahçeleri ifade etmektedir (Hottenträger 1992, Kośmicki 2019).

Literatürde otsu perennial bitkilerin peyzaj tasarımındaki önemi sıkça vurgulanmaktadır. Aytaş ve Uzun (2015), Düzce kent merkezindeki yaya alanlarında yaptıkları çalışmada, doğallığın görsel peyzaj algısı üzerindeki etkili faktör olduğunu belirtmiş ve bu alanların görsel kalite açısından değerlendirilmesinde kullanıcı algısının önemine dikkat çekmiştir. Otsu perennial bitkiler, çiçek özellikleri yanında yaprak, meyve ve tohum gibi diğer özellikleriyle de ön plana çıkarlar (Çorbacı ve ark. 2020b). Acar ve Sarı (2010), çevreye uyumlu doğal bitkiler kullanılarak, fonksiyonel ve estetik özellikli bir perennial bahçe oluşturmanın, doğa ve insan arasında uyumlu bir dengenin sağlanmasına katkıda bulunacağından bahsetmiştir. Benzer şekilde, Sağlık ve ark. (2021), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi refüjlerinde yürüttükleri çalışmada, bitkisel dokunun estetik ve işlevsel katkılarını analiz etmiş ve kullanıcı memnuniyetini artırmada refüj tasarımlarının önemini vurgulamıştır. Çakın ve Güngör (2023) ise Selçuk Üniversitesi Alaeddin Keykubat Kampüsü üzerinde yaptıkları çalışmada, görsel peyzaj kalitesinin kullanıcıların algılarını, mekân tercihlerini ve estetik değer algılarını nasıl şekillendirdiğini göstermiştir. Tüm bu çalışmalar, otsu perennial bitkiler gibi doğal unsurların peyzaj tasarımına entegre edilmesinin hem estetik hem de ekolojik faydalarını ortaya koymaktadır. Acar ve Oğuztürk (2024)'de perennial bahçelerde doğal taksonların kullanılabilmesine değinerek, kullanılacak doğal taksonlar için öneriler geliştirmişlerdir. Ayrıca Oğuztürk ve Acar (2024) bir diğer çalışmalarında da doğal bitkilerin morfolojik açıdan farklı özellikler gösteren, çevresinde dikkat çeken ve bir yıllık vejetasyon periyodunda bu özelliklerini koruma kapasitesine sahip bitkiler olduğundan bahsetmişlerdir (Oğuztürk ve Acar 2024).

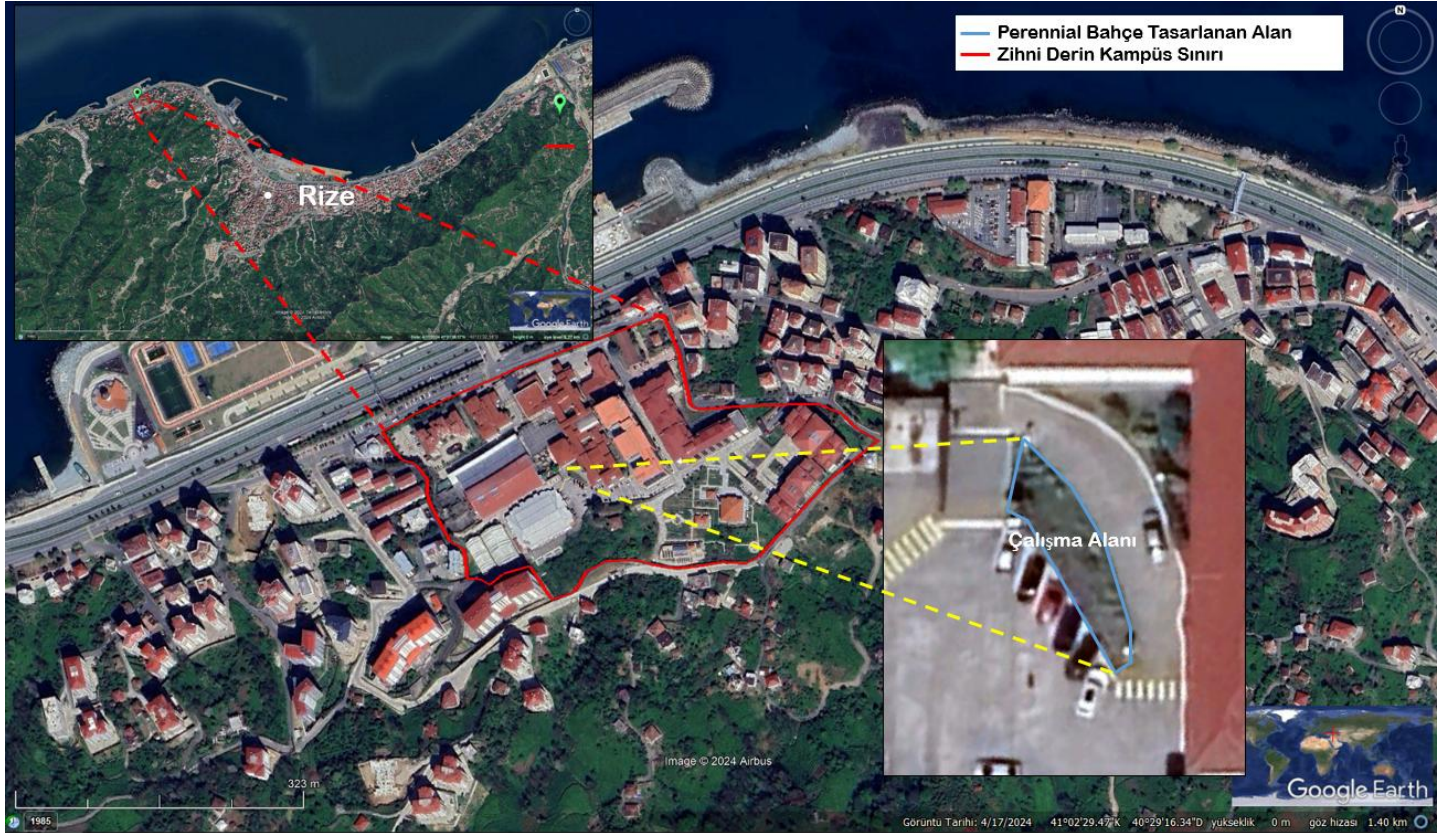
Benzer şekilde, Karasah (2021) renk etkisi yüksek tıbbi ve aromatik bitkilerin dört mevsim süreklilik, kitle-boşluk dengesi ve katmanlılık sağlayarak peyzaj tasarımında hem estetik hem de ekolojik işlevleri bir arada sunabileceğini ortaya koymuştur.

Bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi (RTEÜ) Merkez Kampüsü için tasarlanan otsu perennial bahçenin görsel peyzaj algısı üzerindeki etkisini tespit etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca amacımız doğrultusunda, hem estetik açıdan tatmin edici hem de ekolojik olarak sürdürülebilir peyzaj tasarımlarına rehberlik eden bir bitkilendirme tasarım modeli oluşturulmuştur. Ayrıca, bu modelin gelecekteki kampüs projelerinde benzer sorunların çözümüne yönelik bir referans oluşturması beklenmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bahçe tasarımı gerçekleştirilen alan, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi (RTEÜ) Merkez Kampüsü içerisinde, kütüphane ve KYM (Kampüs Yaşam Merkezi) binaları arasında yer almaktadır. Yaklaşık 108.55 m² büyüklüğünde olan bu açık alan, kuzeydoğu bakıda eğimli bir topografyada konumlanmakta ve öğrenciler ile akademik-idari personelin yoğun olarak kullandığı bir geçiş aksı üzerinde yer almaktadır. Alan, kampüsün ana yaya dolaşım hatlarından biri üzerinde bulunmakta olup, çevresinde oturma alanları, sert zemin kaplamaları ve çeşitli işlevsel alanlar mevcuttur. Mevcut durum incelemesinde, alandaki bitkisel çeşitliliğin sınırlı olduğu, sert zemin oranının yüksek bulunduğu ve ekolojik işlevselliği destekleyecek peyzaj elemanlarının yer almadığı belirlenmiştir. Çalışma alanının kampüs içindeki konumu Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı (Google Earth 2025)

Yöntem

Bu araştırmanın yöntemi iki temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama “Tasarım Sürecinden”

oluşurken, ikinci aşama “Kullanıcı algısı anketi sürecinden” oluşmaktadır. Araştırma yöntemi şablonu Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma yöntemi şablonu

1	Tasarım Süreci
	Araştırma alanının belirlenmesi Google Earth Pro ile konumsal analizlerin yapılması AutoCAD programı ile bahçe planının çizilmesi ve düzenlenmesi SketchUp programı ile öneri peyzaj tasarımının üç boyutlu olarak modellenmesi Lumion yazılımı ile gerçekçi render görsellerinin oluşturulması Bitkisel materyallerin (otsu perennial taksonlar) seçimi ve kriterlerinin belirlenmesi Render görselleri üzerinden kullanıcı algısını değerlendirmeye yönelik anket formunun hazırlanması
2	Kullanıcı algısı anketi
	Anket formunun hazırlanması ve çevrimiçi olarak kampüs kullanıcılarına uygulanması (Google Forms ile) Elde edilen verilerle tanımlayıcı istatistiksel analizlerin yapılması Ölçeğin güvenilirlik analizinin yapılması (Cronbach’s Alpha katsayısı) Açıklayıcı Faktör Analizi ile ölçeğin yapı geçerliliğinin test edilmesi Demografik değişkenlere göre karşılaştırmalı analizlerin (t-testi ve ANOVA) uygulanması

Tasarım Süreci

Tasarım sürecinde, alanın mevcut durumunu değerlendirmek ve önerilen peyzaj tasarımını oluşturmak için Google Earth Pro, AutoCAD ve SketchUp yazılımları materyal olarak kullanılmıştır. Google Earth Pro, çalışma alanının konum bilgilerinin temininde, AutoCAD ise alanın mevcut planlarının çiziminde ve tasarımların düzenlenmesinde etkili bir araç olarak kullanılmıştır. Üç boyutlu modelleme ve render görsellerinin hazırlanmasında SketchUp programı kullanılmıştır.

Kullanılan Otsu Perennial Bitkiler ve Seçim Kriterleri Tasarımında, otsu perennial bitkiler düşük bakım gereksinimleri, estetik çeşitlilikleri, yıl boyunca renk ve doku çeşitliliği sağlama ve Rize’nin nemli iklimine uyumlu olmaları nedeniyle seçilmiştir. Kullanılan tüm bitkiler otsu perennial taksonlardan seçilmiş olmakla birlikte, Rainer ve West (2015)’in tasarımlarındaki gibi tasarımda görsel odak noktası oluşturmak ve

kompozisyona yapısal bir katman kazandırmak amacıyla istisnai olarak bir adet *Loropetalum chinense* var. *rubrum* Yieh odunsu taksonu kullanılmıştır. Bu tür, yaprak ve çiçek rengi ile güçlü bir kontrast sağlayarak alanın görsel derinliğini artırmakta ve diğer otsu taksonlarla bütünleşerek tasarımın katmanlı yapısını desteklemektedir. Kullanılan başlıca bitkiler Çizelge 2’de verilmiştir.

Lumion Renderlarının Oluşturulma Süreci ve Görselleştirme Teknikleri: SketchUp ile hazırlanan modeller, alanın mevcut durumu ile önerilen peyzaj düzenlemelerini bir arada gösteren detaylı görseller oluşturmak için Lumion programı ile kullanılmıştır. Görsellerde Rize ili iklim ve coğrafi yapı özelliklerine uygun açı ve bakıya göre; güneşlenme ve gölgelendirme kullanılarak gerçekçi bir görüntü elde edilmiştir. Render aşamasında, bitkisel materyalin doku, renk ve habitusu detaylı bir şekilde modellenmiş ve kullanıcıların alanı daha iyi algılamasına olanak tanınmıştır.

Çizelge 2. Projede kullanılan bitki taksonları

Takson	Türkiye için egzotik/doğal
<i>Agapanthus africanus</i> (L.) Hoffmanns.	Egzotik
<i>Camellia sinensis</i> (L.) Kuntze	Egzotik
<i>Canna indica</i> L.	Egzotik
<i>Carex pendula</i> Huds.	Egzotik
<i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench	Egzotik
<i>Erigeron karvinskianus</i> DC.	Egzotik
<i>Gaura lindheimeri</i> Engelm. & Gray	Egzotik
<i>Geranium psilostemon</i> Ledeb.	Doğal
<i>Hemerocallis fulva</i> 'Frans Hals'	Egzotik
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	Egzotik
<i>Liatris spicata</i> (L.) Willd.	Egzotik
<i>Liriope muscari</i> f. variegata (L.H.Bailey) H.Hara	Egzotik
<i>Loropetalum chinense</i> var. <i>rubrum</i> Yieh	Egzotik
<i>Pennisetum setaceum</i> (Forssk.) Chiov.	Egzotik
<i>Pennisetum × advena</i> 'Fireworks'	Egzotik
<i>Phormium tenax</i> J.R.Forst. & G.Forst.	Egzotik
<i>Rudbeckia fulgida</i> Aiton	Egzotik
<i>Salvia officinalis</i> L.	Egzotik
<i>Thymus vulgaris</i> (L.)	Egzotik

Kullanıcı Algısı Anketi

Tasarımın kullanıcılar tarafından nasıl algılandığını değerlendirmek amacıyla, estetik, işlevsellik ve sürdürülebilirlik boyutlarını kapsayan bir anket formu oluşturulmuştur. Anket, önerilen peyzaj düzenlemesine yönelik tutumları ölçmeye yönelik 9 maddeden oluşmakta olup, 5'li Likert tipi bir ölçek ile yapılandırılmıştır (1=Kesinlikle Katılmıyorum, 5=Kesinlikle Katılıyorum).

Anket çalışması, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi (RTEÜ) Merkez Kampüsü'nde yer alan öğrenciler, akademik personel ve idari personelden oluşan kullanıcı gruplarına çevrimiçi ortamda (Google Forms aracılığıyla) sunulmuştur. Katılımcılardan, önerilen perennial bahçeye ait render görsellerini incelemeleri ve her bir ifadeye görsel algıları doğrultusunda puan vermeleri istenmiştir.

Anket toplamda 109 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Ölçeğin güvenilirliği Cronbach's Alpha katsayısı ile test edilmiş ve oldukça yüksek bir değer olan $\alpha=0.974$ elde edilmiştir. Bu sonuç, ölçeğin içsel tutarlılığının çok yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Katılımcıların yaş, gelir seviyesi, meslek durumlarına gruplarına göre önerilen bahçeye yönelik tutum

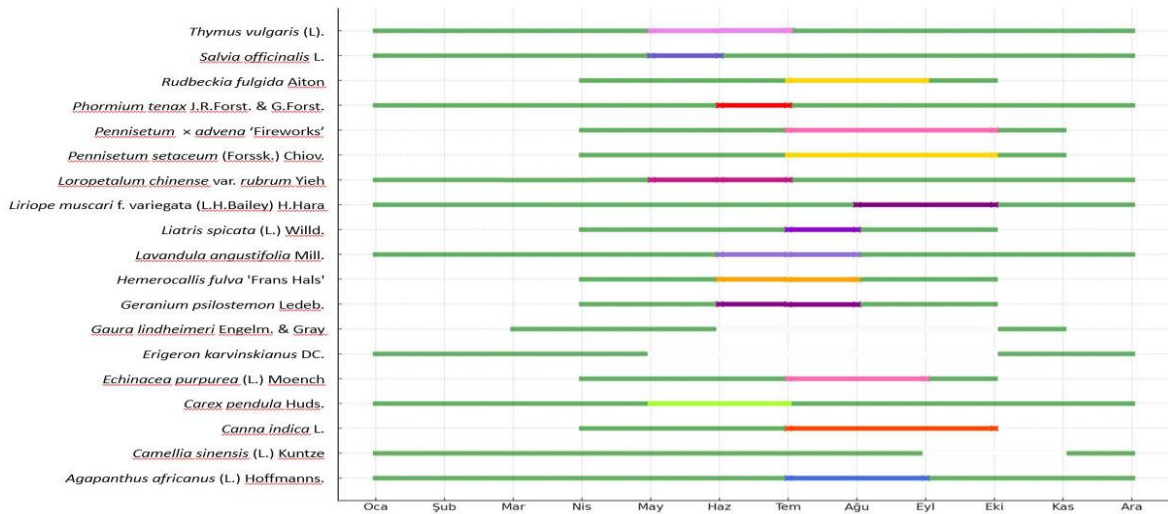
puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Katılımcıların cinsiyetlerine göre önerilen bahçeye yönelik tutum puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır. Ayrıca ölçeğin yapı geçerliliğini incelemek amacıyla Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) uygulanmıştır. Kaiser kriterine göre yalnızca bir faktör elde edilmiş ve bu faktör, toplam varyansın %83.05'ini açıklamıştır. Faktör yükleme katsayılarının 0.851 ile 0.957 arasında değiştiği görülmüş; bu da katılımcıların önerilen bahçeye ilişkin tutumlarının bütüncül ve tutarlı bir yapı sergilediğini ortaya koymuştur.

BULGULAR

Tasarım, farklı çiçeklenme dönemleri, renk tonları, dokusal çeşitlilik ve bakım kolaylığı gibi kriterlerinin dikkate alınarak oluşturulan Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Merkez Kampüsü için önerilen perennial bahçeye ait bitki yerleşim planı Şekil 2 de, tasarlanan perennial bahçe Şekil 3 'de verilmiştir. AutoCAD, SketchUp ve Lumion programlarıyla hazırlanan bu planlama, hem estetik hem de sürdürülebilirlik



Şekil 3. Ankette kullanılan; çalışma alanının mevcut durum ve öneri tasarım yapılan alan fotoğrafları



Şekil 4. Çalışmada kullanılan bitki taksonlarının yıl içerisindeki renk döngüsü görülmektedir. Yeşil barlar bitkinin yapraklı olduğu dönemi, renkli barlar ise çiçeklenme süresini ve çiçek rengini göstermektedir. Kışın toprak altında geçen taksonlarda bu aylara karşılık gelen kısımlar boş bırakılmıştır (Oğuztürk ve Acar 2024, Carter ve ark. 2007, Rainer ve West 2015, Çorbacı ve ark. 2018, Çorbacı ve ark. 2020c)

İlk olarak tanımlayıcı istatistikler yapılmıştır. Bu aşamada amaç kullanıcıların tutum düzeylerinin tespitidir. Tüm maddelerin ortalamalarının 3.5'in üzerinde olduğu görülmektedir. En yüksek ortalama, "Bahçe kampüs geneline yaygınlaştırılmalıdır"

maddesine aittir (Ortalama=4.06, ss=1.26). Bu bulgu, önerilen bahçenin katılımcılar tarafından genel olarak olumlu karşılandığını göstermektedir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Önerilen bahçeye yönelik tutum ölçeği maddelerine ait tanımlayıcı istatistikler

	N	En düşük	En yüksek	Ortalama	Std. sapma
Önerilen bahçe etkileyicidir.	109	1	5	3.7523	1.37542
Önerilen bahçe bakımı kolaydır.	109	1	5	3.4679	1.36469
Önerilen bahçe sürdürülebilir ve ekolojiktir.	109	1	5	3.8624	1.32963
Bahçe tasarımı kampüse kimlik kazandırır.	107	1	5	3.8131	1.31845
Bahçe renk ve doku açısından zengindir.	108	1	5	3.8704	1.36780
Bahçe alanın kullanımını artırır.	108	1	5	3.8889	1.29220
Bahçe doğal çevreye uygundur.	108	1	5	3.8889	1.34882
Bahçe görsel ve işlevsel olarak dengelidir.	109	1	5	3.8440	1.29224
Bahçe kampüs geneline yaygınlaştırılmalıdır.	107	1	5	4.0561	1.25767

Anket Güvenilirliği ile İlgili Bulgular

Araştırma kapsamında önerilen bahçeye yönelik tutumu ölçmek amacıyla geliştirilen 9 maddelik ölçeğin içsel tutarlılığı Cronbach's Alpha katsayısı ile değerlendirilmiştir. Ölçek geneline ait Cronbach's Alpha değeri 0.974 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Önerilen bahçeye yönelik tutum ölçeğine ait güvenilirlik katsayısı (Cronbach's Alpha)

Cronbach's Alpha	Kriter sayısı
.974	9

Bu değer, ölçeğin çok yüksek düzeyde güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, her bir maddeye ait Düzeltilmiş Madde-Toplam Korelasyonu (Corrected Item-Total Correlation) değerleri incelenmiştir (Çizelge 5). Tüm maddeler, 0.814 ile 0.944 arasında değişen yüksek korelasyon değerlerine sahiptir. Özellikle "Önerilen bahçe renk ve doku açısından zengindir" ($r=0.944$) ve "Önerilen bahçe etkileyicidir" ($r=0.918$) maddeleri ölçeğe en yüksek katkıyı sağlayan ifadeler olmuştur. Elde edilen bu bulgular, önerilen bahçeye yönelik ölçeğin yüksek iç tutarlılık taşıyan, güvenilir bir ölçme aracı olduğunu ve her bir maddenin toplam tutum yapısını anlamlı şekilde yansıttığını göstermektedir.

Çizelge 5. Maddelerin tutum ölçeğine katkısını gösteren korelasyon tablosu

	Madde-Toplam Korelasyon
Önerilen bahçe etkileyici	.918
Önerilen bahçe bakımı kolay	.814
Önerilen bahçe sürdürülebilir ve ekolojik	.898
Önerilen bahçe tasarımı kampüse kimlik katar	.899
Önerilen bahçe renk ve doku açısından zengin	.944
Önerilen bahçe alanın kullanımını artırır	.849
Önerilen bahçe doğal çevreye uygundur	.907
Önerilen bahçe görsel ve fonksiyoneldir	.896
Önerilen bahçe kampüste yaygınlaştırılmalıdır	.850

Faktör Analizi

Önerilen bahçeye yönelik tutum ölçeğinin yapı geçerliliğini incelemek amacıyla Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) gerçekleştirilmiştir. Analiz, Başlıca Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis) yöntemi ile yürütülmüş ve Varimax rotasyonu uygulanmamıştır.

Kaiser kriterine ($eigenvalue > 1$) göre yalnızca 1 bileşen seçilmiş ve bu faktör toplam varyansın %83.05'ini açıklamıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Açıklanan toplam varyans ve faktör sayısı*

Madde	Başlangıç özdeğerleri			Çıkarılan faktörler için kareler toplamı yükleri		
	Toplam	Açıklanan varyans (%)	Birikimli varyans (%)	Toplam	Açıklanan varyans (%)	Birikimli varyans (%)
1	7.475	83.051	83.051	7.475	83.051	83.051
2	.487	5.413	88.464			
3	.330	3.663	92.127			
4	.203	2.260	94.387			
5	.188	2.087	96.474			
6	.125	1.388	97.863			
7	.094	1.044	98.906			
8	.065	.720	99.626			
9	.034	.374	100.000			

*: Tek faktörlü yapının ne kadar varyans açıkladığını göstermektedir.

Bu oran, sosyal bilimlerde yapı geçerliliği açısından oldukça yüksektir. Ayrıca, analiz sonucunda elde edilen Communalities değerlerinin tümü 0.724 ile

0.916 arasında değişmektedir (Çizelge 7). Bu bulgu, her bir maddenin faktör yapısına güçlü katkılar sunduğunu göstermektedir.

Çizelge 7. Maddelerin ortak varyansa katkısını gösteren varyans tablosu

Madde	Başlangıç değerleri	Çıkarım
Önerilen bahçe etkileyici	1.000	.876
Önerilen bahçe bakımı kolay	1.000	.724
Önerilen bahçe sürdürülebilir ve ekolojik	1.000	.847
Önerilen bahçe tasarımı kampüse kimlik katar	1.000	.849
Önerilen bahçe renk ve doku açısından zengin	1.000	.916
Önerilen bahçe alanın kullanımını artırır	1.000	.778
Önerilen bahçe doğal çevreye uygundur	1.000	.862
Önerilen bahçe görsel ve fonksiyoneldir	1.000	.844
Önerilen bahçe kampüste yaygınlaştırılmalıdır	1.000	.778

Faktör yükleme katsayıları incelendiğinde, maddelerin tek bir bileşen altında yoğunlaştığı ve tüm yük değerlerinin 0.851 ile 0.957 arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 8). Özellikle "Önerilen bahçe renk ve doku açısından zengindir" maddesi, 0.957

faktör yüküyle en yüksek katkı sağlayan madde olmuştur. Bu sonuçlar, katılımcıların önerilen bahçeye ilişkin değerlendirmelerinde estetik, işlevsel ve ekolojik özellikleri ayrı ayrı değil, bütüncül bir tutum çerçevesinde algıladıklarını göstermektedir.

Çizelge 8. Her bir maddenin faktöre yükleme katsayısını gösteren faktör yük değerleri

Madde	Bileşen
Önerilen bahçe etkileyici	.936
Önerilen bahçe bakımı kolay	.851
Önerilen bahçe sürdürülebilir ve ekolojik	.920
Önerilen bahçe tasarımı kampüse kimlik katar	.921
Önerilen bahçe renk ve doku açısından zengin	.957
Önerilen bahçe alanın kullanımını artırır	.882
Önerilen bahçe doğal çevreye uygundur	.929
Önerilen bahçe görsel ve fonksiyoneldir	.919
Önerilen bahçe kampüste yaygınlaştırılmalıdır	.882

Levene testi sonucu ($F=0.321$, $p=0.572$), varyansların eşit olduğunu göstermiştir; bu nedenle “equal variances assumed” satırı dikkate alınmıştır (Çizelge 9). Analiz sonucunda, kadın ve erkek katılımcılar

arasında tutumsal farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür ($t=0.735$, $p=0.464$). Ortalama fark 0.18 puan olup, bu fark anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır.

Çizelge 9. Cinsiyet değişkenine göre önerilen bahçeye yönelik tutum puanı*

	F	Sig.	t	df	Çift kuyruklu p değeri	Ortalama fark	Standart hatası	İki ortalama arasındaki farkın %95 güven aralığı	
								Alt sınır	Üst sınır
Bahçe tutum skoru	.321	.572	.735	107	.464	.18579	.25261	-.31497	.68655
			.719	57.974	.475	.18579	.25823	-.33113	.70271

*: t-testine göre anlamlı farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$)

Analiz öncesi varyansların eşitliği varsayımı, Levene testi ile test edilmiştir (Çizelge 10). Elde edilen sonuçlara göre varyanslar arasında anlamlı bir fark

bulunmamıştır ($F=0.366$, $p=.778$). Bu nedenle standart ANOVA yöntemi kullanılmıştır. ANOVA sonuçları, yaş grupları arasında önerilen bahçeye yönelik tutum puanlarının anlamlı şekilde farklılaştığını göstermektedir ($F=3.119$, $p=.029$).

Çizelge 10. Yaş gruplarına göre bahçe tutum skoru için varyans homojenliği ve Anova sonuçları

		Levene İstatistiği	df1	df2	Sig.	F
	Medyana Dayalı	.390	3	105	.760	
Yaş	Medyana Dayalı ve Düzeltilmiş Serbestlik Derecesi ile Kırpılmış Ortalama'ya Dayalı	.390	3	99.976	.760	
	Gruplar Arası	.424	3	105	.736	
					.029	3.119

Analiz öncesinde Levene testi ile varyansların homojenliği kontrol edilmiştir (Çizelge 11). Levene testi sonuçlarına göre varyanslar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($F=1.418$, $p=0.224$), bu nedenle standart ANOVA analizi uygulanmıştır. ANOVA

sonuçları ise eğitim düzeyi grupları arasında önerilen bahçeye yönelik tutum puanlarının istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklılaşmadığını göstermektedir ($F=1.332$, $p=0.257$).

Çizelge 11. Eğitim düzeyine göre bahçe tutum skoru için varyans homojenliği ve ANOVA sonuçları

		Levene İstatistiği	df1	df2	Sig.	F
Bahçe tutum skoru	Ortalamaya Dayalı	1.418	5	102	.224	
	Medyana Dayalı	.765	5	102	.577	
Gelir seviyesi	Medyana Dayalı ve Düzeltilmiş Serbestlik Derecesi ile	.765	5	93.245	.577	
	Kırılmış Ortalamaya Dayalı	1.262	5	102	.286	
						1.332
Gruplar Arası						.257

Öncelikle varyansların eşitliği varsayımı Levene testi ile sınanmıştır (Çizelge 12). Levene testine göre varyanslar arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($F=1.676$, $p=.192$), bu nedenle klasik ANOVA yöntemi uygulanabilir kabul edilmiştir.

ANOVA sonuçlarına göre ise, meslek grupları arasında önerilen bahçeye yönelik tutum puanlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($F=0.011$, $p>.05$).

Çizelge 12. Meslek gruplarına göre bahçe tutum skoru için varyans homojenliği ve ANOVA sonuçları

		Levene İstatistiği	df1	df2	Sig.	F
Bahçe tutum skoru	Ortalamaya Dayalı	1.676	2	106	.192	
	Medyana Dayalı	1.097	2	106	.338	
Meslek	Medyana Dayalı ve Düzeltilmiş Serbestlik Derecesi ile	1.097	2	101.285	.338	
	Kırılmış Ortalamaya Dayalı	1.471	2	106	.234	
						.011
Gruplar Arası						.011

TARTIŞMA

Bu çalışma, estetik, işlevsel ve sürdürülebilirlik ölçütleri doğrultusunda tasarlanan otsu perennial bitki temelli bir kampüs bahçesinde, küçük ölçekli bir alanın kullanıcı algısı üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Yapılan analizler, önerilen bahçeye yönelik kullanıcı tutumlarının genel olarak olumlu olduğunu ve bu tutumun tek boyutlu, bütüncül bir yapı taşıdığı ortaya konulmuştur. Bu tip görsel kalitesi yüksek manzaraların insanlar üzerinde iyileştirici etkileri bulunmaktadır (Ulrich 1984).

İlk olarak yapılan tanımlayıcı analizlerde, tüm maddelerin ortalamalarının 3.5'in üzerinde olması, kullanıcıların bahçeyi genel olarak beğendiğini göstermektedir. Özellikle "Bahçe kampüs geneline yaygınlaştırılmalıdır" ifadesinin en yüksek puanı alması, bu tip bahçelerin kullanıcılarca gerçekten benimsenebileceğini gösteriyor.

Ayrıca bu durum kullanıcıların mevcut kampüsün daha biçimsel ve sürdürülebilir uygulamalarla desteklenmesi gerektiğini düşündüğünü göstermektedir.

Güvenilirlik analizinde elde edilen yüksek Cronbach's Alpha değeri ($\alpha=.974$), kullanılan ölçeğin içsel tutarlılığının oldukça güçlü olduğunu göstermiştir (Xi ve Wang 2022). Ayrıca, tüm maddelerin madde-toplam korelasyonlarının yüksek olması, ölçekteki her bir maddenin önerilen bahçeye yönelik tutumun farklı yönlerini temsil ettiğini ve katkı sunduğunu göstermektedir. Bu bulgular, daha önce yapılan çalışmalarla da uyumludur (Aytaş ve Uzun 2015, Çakın ve Güngör 2023).

Faktör analizinde incelendiğinde tek bir grup olduğu ve bu grup faktörün %83'lük bir varyans değerine sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen varyans değeri önemli seviyede yüksek bir değere sahiptir (Karaman ve ark. 2017). Sonuçlar, kullanıcıların estetik, işlevsel ve sürdürülebilirlik gibi

kavramları ayrı ayrı değerlendirmektense, önerilen bahçeyi bütüncül bir kalite algısıyla değerlendirdiğini göstermektedir. Bu durum, Kośmicki (2019)'nin Karl Foerster'in perennial bahçe anlayışına dayandırdığı estetik odaklı bütünsel tasarım yaklaşımıyla da örtüşmektedir.

Demografik değişkenler üzerinden yapılan karşılaştırmalar, cinsiyet, meslek ve eğitim düzeyine göre tutumlarda anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Bu da önerilen bahçenin farklı kullanıcı grupları tarafından benzer biçimde olumlu algılandığını göstermektedir. Öte yandan, yaş değişkeni açısından anlamlı bir farklılık bulunması ($p=0.029$), farklı yaş gruplarının bahçeyi değerlendirme biçiminde çeşitlilik olduğunu düşündürmektedir. Özellikle genç kullanıcıların mekânsal estetiğe duyarlılığı daha yüksek olabilir (Kalivoda ve ark. 2014, Chen ve ark. 2016, Oyibo ve ark. 2018).

Tüm bu bulgular, perennial bitkilerle oluşturulan, düşük bakım gerektiren ve görsel zenginlik sunan peyzaj tasarımlarının, kullanıcı memnuniyetini artırma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışma, görsel peyzaj kalitesinin yalnızca estetik değil, aynı zamanda işlevsel ve

sürdürülebilir özellikleri de kapsayan bir kavram olarak ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu yönüyle, üniversite kampüslerinde geliştirilecek yeni peyzaj projelerine teorik ve pratik düzeyde katkı sunmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma, üniversite kampüslerinde biçimsel, sürdürülebilir ve kullanıcı odaklı peyzaj tasarımlarının önemini ortaya koymuştur. Katılımcıların önerilen perennial bahçeye yönelik tutumları genel olarak olumlu bulunmuş; özellikle estetik, işlevsel ve ekolojik özelliklerin birlikte değerlendirildiği bütüncül bir algı oluştuğu belirlenmiştir. Güvenilirlik ($\alpha=0.974$) ve faktör analizleri, geliştirilen ölçeğin istatistiksel olarak tutarlı ve anlamlı özellikler taşıdığını göstermektedir. Demografik değişkenler açısından yalnızca yaş grupları arasında anlamlı fark görülmüş, diğer değişkenlerde tutumlar benzerlik göstermiştir. Sonuç olarak, otsu perennial bitkilerle oluşturulan peyzaj düzenlemelerinin kampüs görsel kalitesine ve kullanıcı memnuniyetine katkı sunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Acar C, Oğuztürk T (2024) Bazı doğal bitki taksonlarının araziden bahçeye transferi: Karadeniz Teknik Üniversitesi uygulaması. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 20(Özel Sayı):16–30. <https://doi.org/10.58816/duzceod.1532427>
- Acar C, Sarı D (2010) Kentsel yerleşim alanlarındaki bitkilerin peyzajda kullanım tercihleri açısından değerlendirilmesi: Trabzon kenti örneği. *Ekoloji*, 19(74):173–180.
- Aytaş İ, Uzun S (2015) Düzce kent merkezindeki yaya alanlarının görsel peyzaj kalitesinin belirlenmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 65(1):11–29.
- Bilgili BC, Çiğ A, Şahin K (2011) Van kenti kamusal yeşil alanlarının yeterliliğinin ulaşılabilirlik yönünden değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 21(2):98–103.
- Carter S, Becker C, Lilly B (2007) *Perennials: The Gardener's Reference*. Timber Press.
- Chen Z, Xu B, Devereux B (2016) Assessing public aesthetic preferences towards some urban landscape patterns: the case study of two different geographic groups. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188:1–17.
- Çakın M, Güngör S (2023) Selçuk Üniversitesi Alaeddin Keykubat Kampüsünün peyzaj görsel kalitesinin kullanıcı görüşleri ile belirlenmesi ve değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(1):131–139.
- Çorbacı ÖL, Yılmaz FÇ, Müftüoğlu V (2018) Analysis of color impact in planting design: a case study of Ankara Milli Egemenlik Park. *International Journal of Trend in Research and Development*.
- Çorbacı ÖL, Turna T, Oğuztürk GE (2020a) Kamusal alanların peyzaj düzenlemesi açısından erişilebilirliğinin incelenmesi; Dicle Üniversitesi Kampüsü Örneği. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 16(1):105-127.
- Çorbacı ÖL, Eroğlu E, Kaya S, Doğan TG, Başaran N, Meral A (2020b) Peyzaj Proje Aşamalarında Bitkisel Kullanımlarda Dikkat Edilmesi Gereken Özellikler. In: 50. Yılında Peyzaj Mimarlığı Eğitimi ve Öğretimi, pp:242–252.
- Çorbacı ÖL, Abay G, Oğuztürk T, Üçok M (2020c) Kentsel rekreasyonel alanlardaki bitki varlığı; Rize örneği. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 16(2):16-44.

- Ercan Oğuztürk G, Pulatkan M (2023) Interaction of urban and university campuses: KTU kanuni campus example. *Architectural Sciences and Urban/Environmental Studies-I, Ankara: İksad Publication*, 22-43.
- Ercan Oğuztürk G, Yüksek T (2024) Rainwater Management Model in Fener Campus in Recep Tayyip Erdoğan University. *International Studies and Evaluations in the Field of Landscape Architecture* (pp.45-60), Ankara: Serüven Yayınevi.
- Ercan Oğuztürk G, Sünbül S, Alparslan C (2025) The effect of green areas on urban microclimate: a university campus model case. *Applied Sciences*, 15(8):4358.
- Google Earth (2025) Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Kütüphane Karşısı Yeşil Alan Uydu Görüntüsü. 41,0372105N, 40,4937350E. Google Earth.
- Hottenträger G (1992) New flowers—new gardens: residential gardens designed by Karl Foerster, Hermann Mattern and Herta Hammerbacher (1928–c. 1943). *The Journal of Garden History*, 12(3):207–227.
- Kalivoda O, Vojar J, Skřivanová Z, Zahradník D (2014) Consensus in landscape preference judgments: the effects of landscape visual aesthetic quality and respondents' characteristics. *Journal of Environmental Management*, 137:36–44.
- Karaman H, Atar B, Aktan DÇ (2017) Açılımlayıcı faktör analizinde kullanılan faktör çıkartma yöntemlerinin karşılaştırılması. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 37(3):1173–1193.
- Karashaş B (2021) Bitkilendirme tasarımında renk özellikleri dolayısıyla değerlendirilebilecek tıbbi ve aromatik bitkiler üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2).
- Kılıçaslan N, Dönmez Ş (2016) Göller bölgesinde doğal olarak yetişen soğanlı bitkilerin peyzaj mimarlığında kullanımı. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 17(1):73–82.
- Kośmicki E (2019) Bavyera'daki Weißenstephan deneme bahçesi kitabının incelemesi. *Ekonomi ve Çevre*, 71(4):4.
- Köse SD (2024) Kentsel dönüşümde kıyı tasarımı ve düzenlemelerinde kullanıcı odaklı yaklaşımların araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Oğuztürk T, Acar C (2024) Perennial Garden Establishment, Karadeniz Technical University Herbaceous Perennial Garden Example. *All Sciences Academy*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14510467>
- Olgun T (2023) Ankara ili Aluçdağı Tabiat Parkı, Çamkoru Tabiat Parkı ve Şahinler Tabiat Parkı görsel kalite analizi ve değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Oyibo K, Adaji I, Vassileva J (2018) The Effect of Age and Information Design on the Perception of Visual Aesthetics. In: *Proceedings of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference*. BCS Learning & Development.
- Rainer T, West C (2015) *Planting in a Post-Wild World: Designing Plant Communities for Resilient Landscapes*. Timber Press.
- Sağlık A, Çelik R, Demir S (2021) Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi orta refüjünün görsel kalite değerlendirmesi. *Mimarlık ve Yaşam*, 6(3):819–829.
- Smith SL (2015) Evaluation of trial garden practices at public horticulture institutions. Doctorate Thesis, University of Delaware, Delaware.
- Ulrich RC (1984) View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224(4647):420–421.
- Xi J, Wang X (2022) Development of landscape architecture design students' pro-environmental awareness by project-based learning. *Sustainability*, 14(4):2164.
- Yıldırım Hİ (2016) Kütahya Tarihi Kent Merkezinin Turizm Potansiyelinin Belirlenmesi. In: *Kütahya'da Planlama Düşünceleri Üzerine*. Konya, pp 123–146, ISBN: 978-605-66689-0-6.
- Yüksek T (2017) Land use, some forestry studies and a general evaluation of the temporal distribution of precipitation in Rize. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 2(3):59–66. <https://doi.org/10.35229/jaes.359157>

Ağaçlandırma Senaryolarının Erozyon Riski Üzerindeki Etkisinin ICONA Modeli ile Mekânsal Değerlendirilmesi: Terme Çayı Havzası Örneği

Spatial Assessment of the Effects of Afforestation Scenarios on Erosion Risk Using the ICONA Model: A Case Study from the Terme Stream Watershed

Osman Can YÜCESOY*¹, Semih EDİŞ²

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Çankırı

²Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Havza Yönetimi Anabilim Dalı, Çankırı

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1752340](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1752340)

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Osman Can YÜCESOY

e-mail: osmancanyucesoy@gmail.com

Geliş tarihi / Received

28.07.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

09.09.2025

Kabul tarihi / Accepted

11.09.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Toprak koruma

Erozyon

Yarı-kurak

CBS

Çankırı

Keywords:

Soil conservation

Erosion

Semi-arid

GIS

Çankırı

Özet

Bu çalışmada, Çankırı ili sınırlarında yer alan Terme Çayı Havzası'nda erozyon riskinin mekânsal dağılımı ICONA modeli kullanılarak değerlendirilmiştir. Analizlerde havzanın mevcut arazi örtüsü, eğim, jeolojik yapı ve bitki örtüsü kapallığı parametreleri kullanılmış ve dört farklı ağaçlandırma senaryosu (%10, %20, %30 ve %50 artış) oluşturularak erozyon riskindeki olası değişimler karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, mevcut durumda havzanın %67.8'inin yüksek ve çok yüksek erozyon riski altında olduğunu ortaya koymuştur. Senaryo analizleri, ağaçlandırma oranı arttıkça erozyon riskinde belirgin azalmalar olduğunu göstermiş; özellikle %30 oranındaki hedefli ağaçlandırma uygulamasının maliyet-yarar dengesi açısından en verimli seçenek olduğu belirlenmiştir. Çalışma, ICONA modelinin Türkiye koşullarında uygulanabilirliğini ortaya koymakta ve havza bazlı sürdürülebilir arazi yönetimi ile erozyon kontrol stratejilerinin geliştirilmesine bilimsel katkı sunmaktadır.

Abstract

This study evaluates the spatial distribution of erosion risk in the Terme Stream Catchment, located in Çankırı Province, using the ICONA model. The analysis incorporates parameters such as existing land cover, slope, geological structure, and vegetation canopy density. Four afforestation scenarios (10%, 20%, 30%, and 50% increase) were developed to examine potential changes in erosion risk. Results indicate that 67.8% of the catchment is currently under high and very high erosion risk. Scenario analyses revealed significant reductions in erosion risk with increasing afforestation rates, with the 30% targeted afforestation scenario providing the most cost-effective solution. The study demonstrates the applicability of the ICONA model under Turkish conditions and contributes scientifically to the development of sustainable land management and erosion control strategies at the watershed scale.

GİRİŞ

Toprak bozulması, toprak fonksiyonlarının azalması veya kaybı olarak tanımlanmakta ve günümüzde kara ekosistemleri için giderek daha ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Oldeman 1997, Jie ve ark. 2002). Bu bozulmaların başlıca nedenlerinden biri ise toprak erozyonudur (Issaka ve Ashraf 2017). Borrelli ve ark. (2017) tarafından yapılan küresel ölçekteki bir çalışmada, 2001–2012 yılları arasında arazi kullanımındaki değişikliklerin potansiyel toprak kayıplarını %2.5 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Türkiye özelinde, her yıl yaklaşık 642 milyon ton toprak erozyon yoluyla kaybedilmekte ve bu da hektar başına yıllık 8.24 tonluk bir kayba karşılık

gelmektedir (Erpul ve ark. 2020). Bu oran, dünya ortalamasının altında olmasına rağmen, Avrupa Birliği ortalamasının (2.46 t ha⁻¹ y⁻¹) oldukça üzerindedir (Panagos ve ark. 2015). Ayrıca, Türkiye topraklarının %86'sı farklı şiddetlerde erozyona maruz kalmakta ve %20.6'sı orta ile çok yüksek risk grubunda yer almaktadır (Erpul ve ark. 2020). Türkiye'nin topoğrafyası, iklim özellikleri ve yanlış arazi kullanımı gibi faktörler erozyon sorununu daha da derinleştirmektedir (Kılıç 2022). Özellikle havza ölçeğinde toprak kaybı, tarımsal üretimi tehdit etmekte, su kalitesini düşürmekte ve hidrolojik dengeyi bozmaktadır. Bu bağlamda, Terme Çayı Havzası gibi yoğun kullanım altında olan bölgelerde arazi

örtüsündeki bozulma ve ormansızlaşma erozyon riskini artırmaktadır. Bu gibi alanlarda uygulanacak ağaçlandırma faaliyetleri, yüzey akışını azaltarak toprak stabilizasyonu sağlamak ve su rejimini iyileştirmektedir (İmal ve ark. 2007, Ediş ve ark. 2023). Toprak erozyonunun çevresel, ekonomik ve altyapısal etkileri göz önüne alındığında, etkili koruma stratejilerinin oluşturulmasında en temel adım, riskli alanların doğru ve ayrıntılı biçimde belirlenmesidir. Bu doğrultuda, dünyada ve Türkiye'de farklı modelleme teknikleri kullanılmaktadır. Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (USLE), Revize Edilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (RUSLE) ve GeoWEPP gibi fiziksel ve ampirik modeller özellikle arazi bazlı analizlerde tercih edilmekte; örneğin Manavgat Havzası'nda yangın sonrası yapılan analizlerde RUSLE ile potansiyel erozyon artışı değerlendirilmiştir (Demir ve Dursun 2024). Burdur Gölü Havzası'nda ise hem morfometrik analizler hem de GeoWEPP ile entegre edilmiş fiziksel uygulamalar kullanılmıştır (Dursun 2025). Bununla birlikte, son yıllarda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (RS) teknolojilerinin yaygınlaşması ile ICONA modeli gibi yarı-niteliksel ve mekânsal analiz gücü yüksek modeller ön plana çıkmaktadır. ICONA modeli, İspanya Doğa Koruma Enstitüsü tarafından geliştirilmiş olup; jeoloji, eğim, arazi kullanımı ve arazi örtüsü kapallığı gibi dört temel faktöre dayanan çok kriterli karar matrisine sahiptir (MAPA/ICONA 1983, Bayramin ve ark. 2003). Bu yapı, modeli hem veri kısıtlılığı olan bölgelerde hem de karmaşık çevresel dinamiklere sahip peyzajlarda uygulanabilir kılmaktadır (Esmaili Gholzom ve ark. 2021). Özellikle orman ekosistemlerinin erozyon önleme işlevinin ekonomik analizi, bu tür modellerin politika yapıcılar nezdinde maliyet-fayda dengesini ortaya koymasından önemlidir (Demirci ve Yıldırım 2024). Benzer şekilde, havza ölçeğinde sediment dinamiği ve hidrolojik parametrelerin modellenmesi (Yıldırım ve Özalp 2024), erozyon risk haritalarının doğruluğunu artırmak için ICONA gibi yarı-niteliksel modellerle entegre edilebilecek fiziksel temelli yaklaşımlara işaret etmektedir. CBS ve UA entegrasyonu, modelin arazi örtüsündeki değişimlere daha hızlı uyum sağlamasını ve erozyon risklerini daha güncel ve mekânsal olarak hassas şekilde değerlendirmesini sağlamaktadır (Esmaili Gholzom ve ark. 2021, Dursun 2025). Aynı zamanda ICONA, yerel koşullara uyarlanabilirliği sayesinde farklı

bitki örtüsü yapıları ve arazi kullanım tiplerine uygun senaryo analizleri yapılmasına olanak tanır. Örneğin, Şili'de Alfisol topraklarında ICONA formüllerinin, Arnoldus yaklaşımlarına göre daha doğru tahminler sunduğu belirtilmiştir (Olivares ve ark. 2011). Türkiye'de ICONA modeline dayalı erozyon çalışmaları sınırlı olmakla birlikte Beypazarı (Bayramin ve ark. 2003), Malatya (Bilgiç ve Er 2025), İnebolu (Dengiz ve ark. 2014), Kahramanmaraş (Reis ve ark. 2017), Burdur (Dursun 2025) gibi bölgelerde başarılı uygulamalar mevcuttur. Ayrıca, Türkiye bağlamında ICONA modelinin toprak koruma, ekolojik risk değerlendirme ve peyzaj planlama uygulamalarına entegre edilme potansiyeli yüksektir (Terzi ve ark. 2020, Uzun ve Gültekin 2011).

ICONA modeli, düşük veri gereksinimi ve CBS/UA entegrasyonu sayesinde Türkiye'de son yıllarda farklı coğrafyalarda yaygın olarak uygulanmıştır. Örneğin, yangın sonrası senaryolar (Dutal 2022), kırsal havzalarda erozyon riski (Everest ve ark. 2025, Bilgiç ve Er 2025), kentsel alanlardaki risk dağılımları (Yıldız ve Kahveci 2024), kapalı havzalar (Özvan ve ark. 2022) ve İç Anadolu'daki alt havzalar (Karakoca 2025) ICONA'nın farklı ölçek ve koşullarda güvenle kullanılabildiğini göstermektedir. Ayrıca, Salda Gölü Havzası'nda yapılan araştırma (Dursun 2025), ICONA'nın PCA ve WSA gibi çok kriterli karar verme yöntemleri ile entegre edilerek havza önceliklendirmede kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Uluslararası ölçekte de ICONA, İran'daki doğal ve plantasyon ormanlarının karşılaştırılmasında (Esmaili Gholzom ve ark. 2022) ve Kasilian havzası gibi dağlık alanlarda (Esmaili Gholzom ve ark. 2021) başarıyla uygulanmıştır. Bununla birlikte, ekosistem hizmetleri bağlamında İstanbul'daki ulaşım projeleri nedeniyle artan erozyon riskleri (Satır ve ark. 2023) ICONA temelli risk değerlendirmelerinin arazi kullanım planlamasında kritik rol oynayabileceğini göstermektedir.

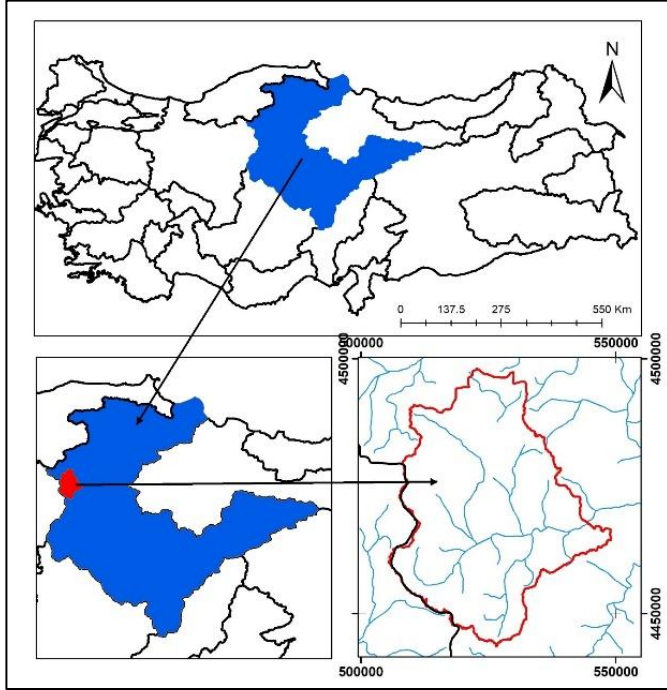
Bu çalışmada, Çankırı ili sınırlarında yer alan Terme Çayı Havzası'nda ICONA modeli kullanılarak erozyon duyarlılığı değerlendirilmiş; farklı ağaçlandırma senaryoları (mevcut arazi örtüsü, %10–50 arasında dört farklı senaryoya ait bitki örtüsü artışı, yukarı havza odaklı planlama) ile bu duyarlılığın mekânsal değişimi analiz edilmiştir. Amaç, erozyon riski yüksek alanların belirlenmesi ve bilimsel

temellere dayalı müdahale stratejilerinin geliştirilmesidir. Böylece hem ICONA modelinin Türkiye'ye özgü doğal ve kültürel peyzajlara uyarlanabilirliği test edilmiş, hem de havza bazlı ağaçlandırma politikalarına katkı sunulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışma alanı olarak, İç Anadolu Bölgesi'nde Kızılırmak Havzası'nın alt havzalarından biri olan ve Çankırı ili sınırlarında yer alan 129.370 hektarlık Terme Çayı Havzası seçilmiştir (Şekil 1). Söz konusu alt havza, Kızılırmak Havzası'nın batısında bulunmakta olup Çankırı ve Ankara illerinin sınırları içerisinde yer almaktadır. Havzanın çıkış noktasında ise tarımsal sulama amacıyla inşa edilmiş Koyunbaba Barajı bulunmaktadır.



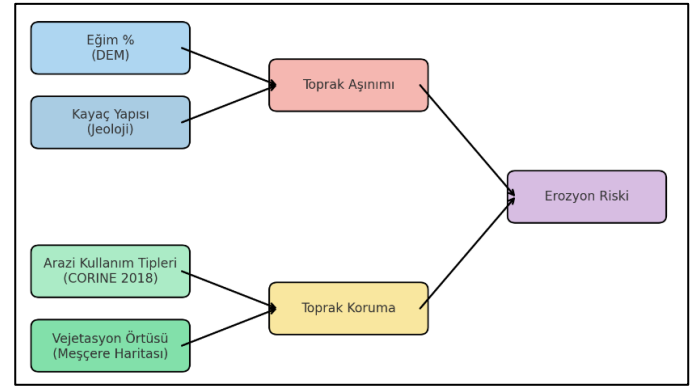
Şekil 1. Çalışma alanının konumu

Jeolojik yapısı, arazi kullanımı ve karasal-yarı kurak iklim koşulları nedeniyle yüksek erozyon duyarlılığına sahip olan havza, özellikle eğimli arazilerde yüzeysel akışla taşınan sediment miktarının artmasına neden olmaktadır (Fenta ve ark. 2016). Bu özellikleriyle araştırma havzası, erozyon riskinin modellenmesi, bitki örtüsü senaryolarının karşılaştırılması ve ağaçlandırma planlamalarının etkilerinin incelenmesi için uygun bir örnek alan niteliğindedir.

Yöntem

ICONA Modelinin oluşturulması

ICONA modeli analiz süreci yedi aşamadan oluşmuştur (Şekil 2). İlk olarak Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak eğim analizi yapılmış ve sonuçlar ICONA sınıflamasına göre %0–3, %3–12, %12–20, %20–35 ve >%35 olmak üzere beş gruba ayrılmıştır. İkinci aşamada, jeolojik formasyonlar toprak aşınım potansiyellerine göre sınıflandırılmıştır (Bayramin ve ark. 2003, Tomuş ve ark. 2012).



Şekil 2. ICONA modeli akış diyagramı ve çalışmanın aşamaları

Üçüncü aşamada, eğim ve jeoloji katmanları ICONA karar matrisi kullanılarak üst üste bindirilmiş ve toprak aşınım potansiyeli haritası oluşturulmuştur. Dördüncü aşamada, meşçere haritaları ve CORINE arazi örtüsü verileri kullanılarak arazi kullanım tipleri belirlenmiş ve altı sınıfa ayrılmıştır. Beşinci aşamada, bitki örtüsü kapallığı meşçere haritalarından elde edilen kapallık oranları ile belirlenmiş ve dört sınıfa dönüştürülmüştür (Carlson ve Ripley 1997). Altıncı aşamada, eğim, jeoloji, arazi kullanımı ve bitki örtüsü kapallığı katmanları ICONA'ya özgü ağırlıklandırma kriterleriyle puanlanıp eşit ağırlıklı olarak birleştirilmiştir. Son aşamada, tüm verilerden beş sınıflı erozyon risk haritası üretilmiş ve CBS ortamında mevcut durum ile senaryo bazlı karşılaştırmalar yapılmıştır.

Ağaçlandırma Senaryolarının Oluşturulması

Mevcut erozyon risk haritası temel alınarak, toprak koruma stratejilerini değerlendirmek amacıyla dört grup ağaçlandırma senaryosu geliştirilmiştir. İlk olarak, %10, %20, %30 ve %50 bitki örtüsü artışı temsil eden

senaryolar oluşturulmuş (Harliando ve ark. 2023, Al Balasmeh ve ark. 2023) ve raster veriler üzerinden mekânsal olarak modellenmiştir. İkinci olarak, Prasetyo ve ark. (2021) yaklaşımıyla yalnızca yukarı havzaya yönelik ağaçlandırma senaryosu tasarlanmıştır; bu bölgeler eğim durumu ve derenin akış yönü dikkate alınarak yukarı havzadan aşağı havzaya doğru belirlenmiştir. Üçüncü olarak, Chowdary ve ark. (2013) yaklaşımına benzer şekilde, eğimi %20'den fazla ve bitki örtüsü kapallığı %30'un altında olan alanlar öncelikli ağaçlandırma bölgeleri olarak tanımlanmıştır. Tüm senaryolar ICONA modeline entegre edilerek yeniden analiz edilmiş ve her müdahalenin erozyon risk sınıflarındaki değişime etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

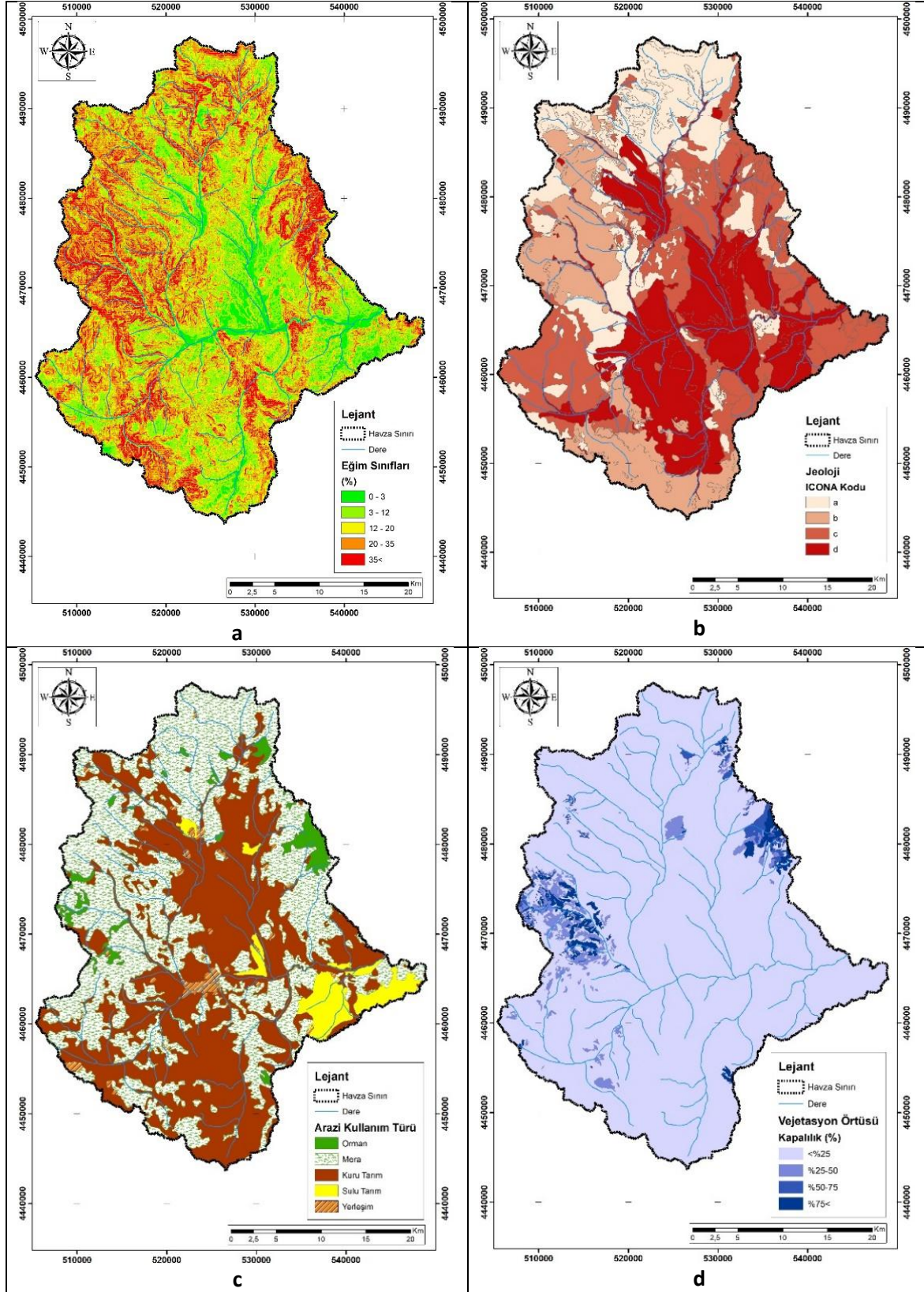
BULGULAR VE TARTIŞMA

ICONA modeli kapsamında çalışma alanına ait erozyon duyarlılık haritası hazırlanmıştır. Bu bağlamda, SYM kullanılarak MAPA/ICONA (1983) eğim sınıflarına göre eğim haritası oluşturulmuştur (Şekil 3a). Havzanın eğim sınıflarının dağılımı incelendiğinde, yüksek eğimli kısımlar yukarı havzayı oluştururken aşağı havza ve anadere çevresi düz ve düze yakın alanları oluşturmaktadır. Terme Çayı Havzasında, Triyas'tan Kuvaterner'e kadar çeşitli litolojik özelliklere sahip anakaya birimleri bulunmaktadır (Şengüler 2007). Litolojik olarak çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, aglomera, tuf, andezit, bazalt ve metaolistostrom tipleri görülmektedir. Jeolojik yapı temel alınarak, model algoritmasında beş formasyondan dördü gruplandırılmış; "a" sınıfı Masif kayalar, "d" sınıfı ise Gevşek yapılı az dayanıklı kayalar ve yumuşak formasyonlar olarak tanımlanmıştır (Şekil 3b). Havzaya ait

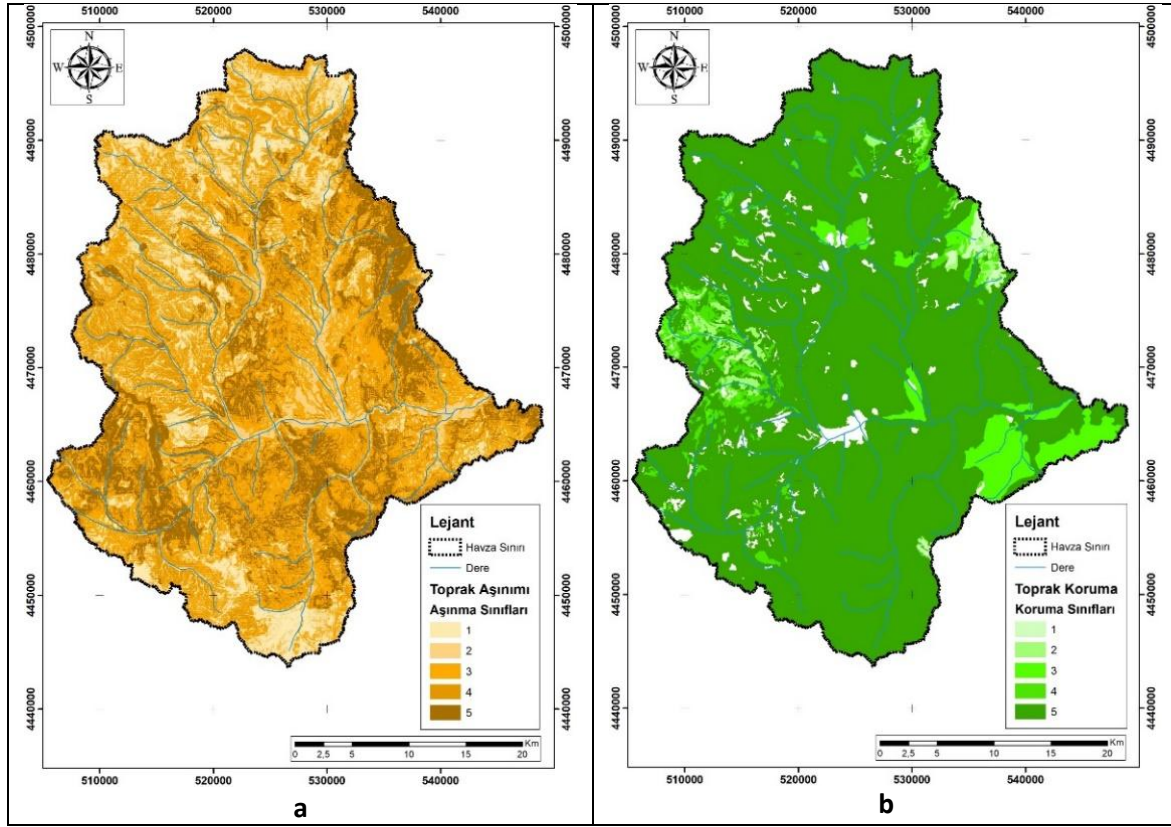
sayısal meşcere haritası ve CORINE 2018 veri katmanı kullanılarak (Dilek ve ark. 2008), ICONA modeline göre beş farklı arazi kullanım türü tanımlanmış ve detaylı bir şekilde haritalandırılmıştır (Şekil 3c). Çalışma alanında arazi kullanımı ağırlıklı olarak orman, mera ve kuru tarım alanlarından oluşmaktadır. Çalışma alanında büyük oranda I. düzey kapallık (%25–50) hâkim olup, ormanlık kesimlerde II, III ve IV düzey kapallık alanları bulunmaktadır. Bu kapallık düzeyleri, toprak koruma kapasitesini ve erozyon hassasiyetini doğrudan etkilemektedir (Şekil 3d). Nitekim Ediş ve ark. (2023) bitki örtüsü restorasyonu ile mühendislik uygulamalarının entegre edilmesinin potansiyel toprak kaybını azalttığını belirtmişlerdir.

Arazinin eğimi ve kayaç yapılarının katmanlarının çarpımı ile elde edilen toprak aşınım sınıflarına göre havza incelendiğinde havzanın yukarı bölümlerinde gevşek yapılı kayalar ve yumuşak formasyonlar üzerinde aşınmanın daha şiddetli olduğu görülmektedir. Havzadaki beş farklı toprak aşınım sınıfının her biri, alansal olarak benzer büyüklükte bir dağılıma sahiptir.

Aşınım riski taşıyan bölgeler genellikle bitki örtüsünden yoksun, orta ve yüksek eğime sahip alanlar olarak öne çıkmaktadır (Şekil 4a). Havzada bitki örtüsü yoğunluğu ve arazi kullanım tipine göre oluşturulan toprak koruma tabakası incelendiğinde, bitki örtüsünün yetersiz olması ve mevcut orman yapısının bozuk olduğu görülmektedir. Bu nedenle yetersiz kapallık, toprak koruma fonksiyonunun da zayıf kalmasına yol açmaktadır (Şekil 4b).



Şekil 3. Terme Çayı Havzası eğim (%) grupları haritası (a), jeolojik ICONA aşınım kodları (b), arazi kullanım türü (c), vejetasyon örtüsü (d)



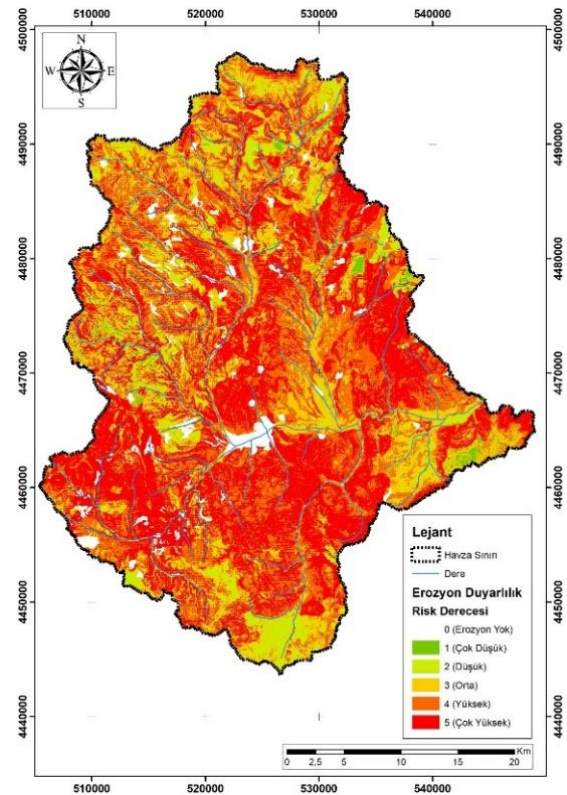
Şekil 4. Terme Çayı Havzası toprak aşınım sınıfları (a), toprak koruma sınıfları (b)

ICONA Modeli sonuçlarına göre Terme Çayı Havzası'nın yalnızca %3.1'i erozyon riski taşımamaktadır. Yüksek (%32.2) ve çok yüksek (%35.6) risk gruplarının toplamda %67.8'lik alanı kaplaması, bölgenin büyük bölümünde toprak kaybı tehdidinin kritik düzeyde olduğunu göstermektedir. Orta risk %17.2, düşük risk ise %11.0 oranında olup, "çok düşük" riskli alanlar (%0.9) son derece sınırlıdır (Çizelge 1).

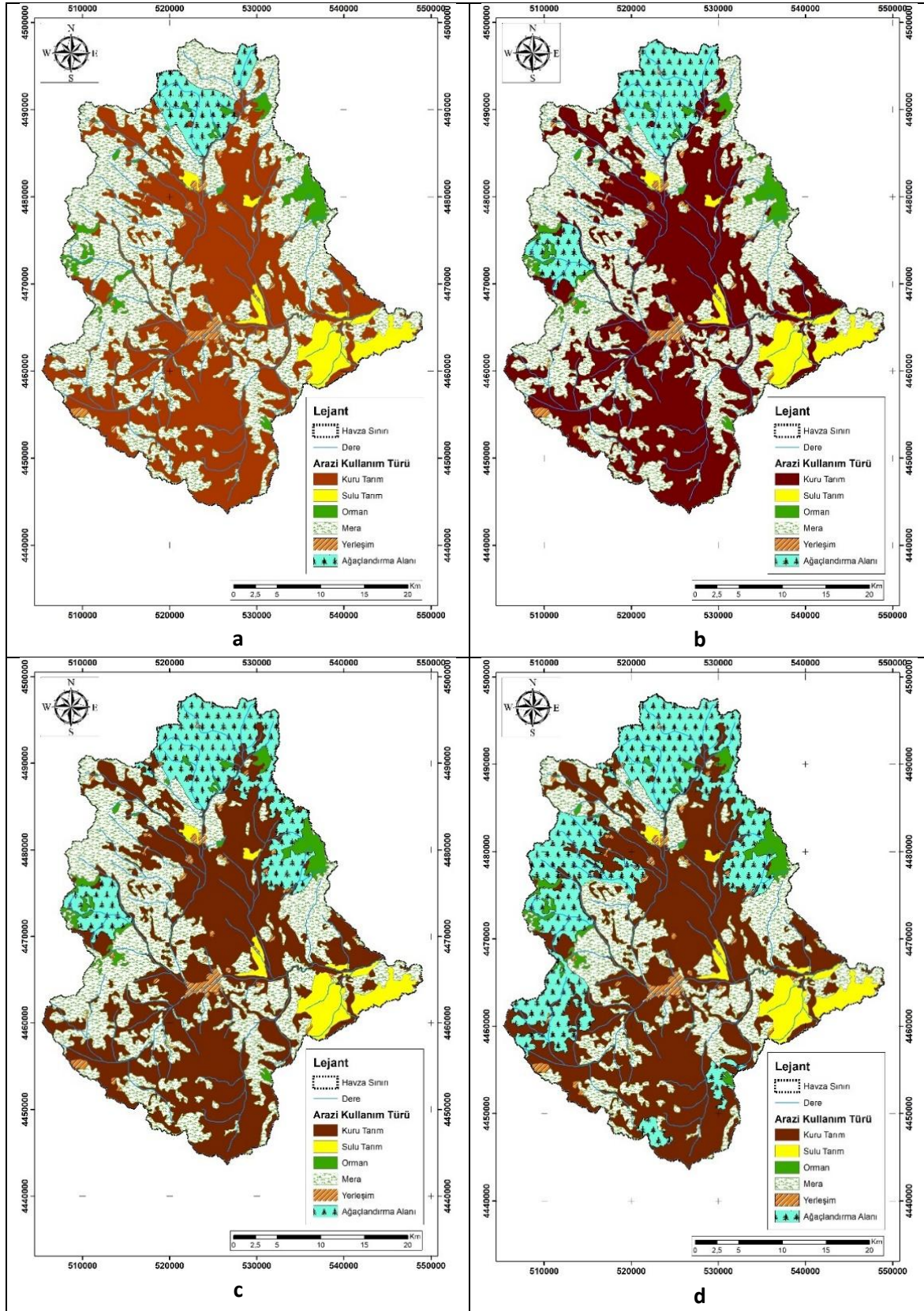
Çizelge 1. Araştırma havzasının mevcut erozyon risk durumunun alansal dağılımı

Erozyon Risk Durumu	Alan (ha)	Alan (%)
Erozyon Yok	3981.9	3.1
Çok Düşük	1167.2	0.9
Düşük	14247.8	11.0
Orta	22282.7	17.2
Yüksek	41697.9	32.2
Çok Yüksek	45992.5	35.6

Bu durum, özellikle yüksek riskli bölgelerde acil erozyon kontrolü, ağaçlandırma ve sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarının öncelikli gerekliliğine işaret etmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Terme Çayı Havzasının ICONA modeline göre erozyon risklerinin haritası



Şekil 6. Ağaçlandırma çalışmaları için oluşturulan senaryolar (a:%10, b:%20, c:%30, d:%50)

Modelde, erozyon riskini azaltmak amacıyla orman toprağı sınıfında yer alan ve ağaçlandırmaya uygun alanlar, eğim ve bitki örtüsü açıklıkları dikkate alınarak belirlenmiştir. Yukarı havzadan başlayarak %10, %20, %30 ve %50 ağaçlandırma oranlarını içeren senaryolar oluşturulmuş ve müdahale, su kaynakları ve erozyona en duyarlı memba bölgelerine odaklanmıştır. Her senaryoda, ağaçlandırma sonrası erozyon riski yeniden değerlendirilerek ağaçlandırmanın etkinliği analiz edilmiştir.

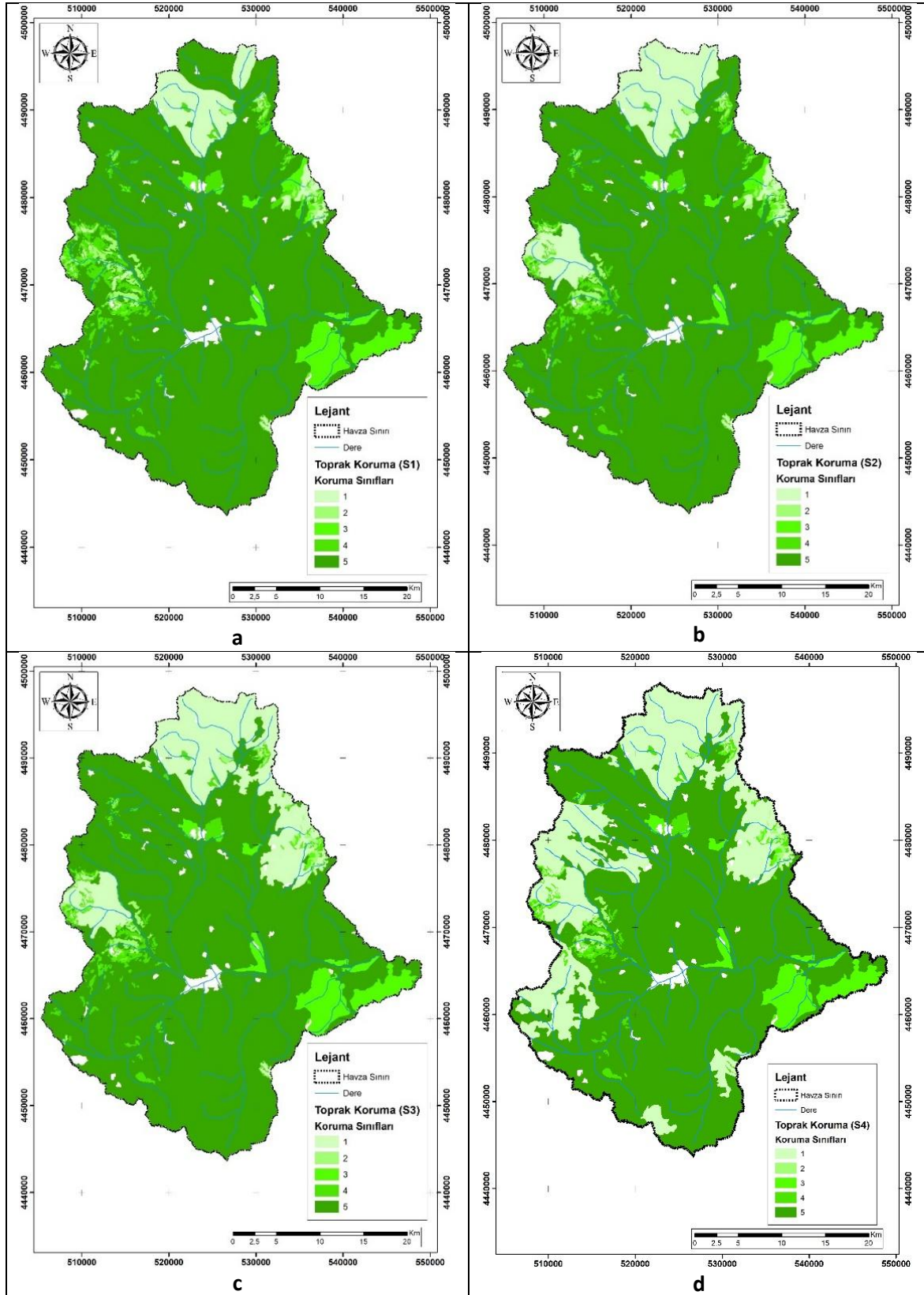
Terme Çayı Havzası'nda geliştirilen ağaçlandırma senaryoları, toprak erozyonunun azaltılmasını hedeflemiştir. %10 ağaçlandırma senaryosunda müdahale, su havzalarının korunması açısından kritik öneme sahip üst havza bölgelerine yönlendirilmiştir. Ağaçlandırma oranının %20, %30 ve %50'ye çıkarıldığı senaryolarda ise uygulama alanı genişletilmiş, yüksek erozyon riskine sahip bölgeler önceliklendirilmiştir. Ağaçlandırma oranlardaki artışa paralel olarak erozyon riskinde kademeli azalma öngörülmektedir. Benzer şekilde, Zhao ve ark. (2020), bitki örtüsü restorasyonunun erozyona uğramış alan oranını %41.8'den %26.7'ye düşürdüğünü ve artan kapalılığın toprak koruma işlevini güçlendirdiğini ortaya koymuştur. Senaryo sonuçları, özellikle yüksek erozyon riski taşıyan yukarı havzalarda riskin azaldığını ve toprak koruma işlevinin güçlendiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, bölgenin doğal dengesinin korunması ve sürdürülebilir arazi yönetimi hedeflerine ulaşılması açısından önemli katkılar sağlamaktadır (Şekil 6).

Ağaçlandırma uygulamalarının etkisiyle, bu bölgelerde bitki örtüsü yoğunluğunun artması, toprak erozyonunu önleyici mekanizmaların güçlenmesine katkıda bulunmuştur. Böylece, yukarı havzalardaki toprak koruma fonksiyonunun etkinliğinde önemli bir iyileşme sağlanmıştır (Şekil 7a, b, c, d).

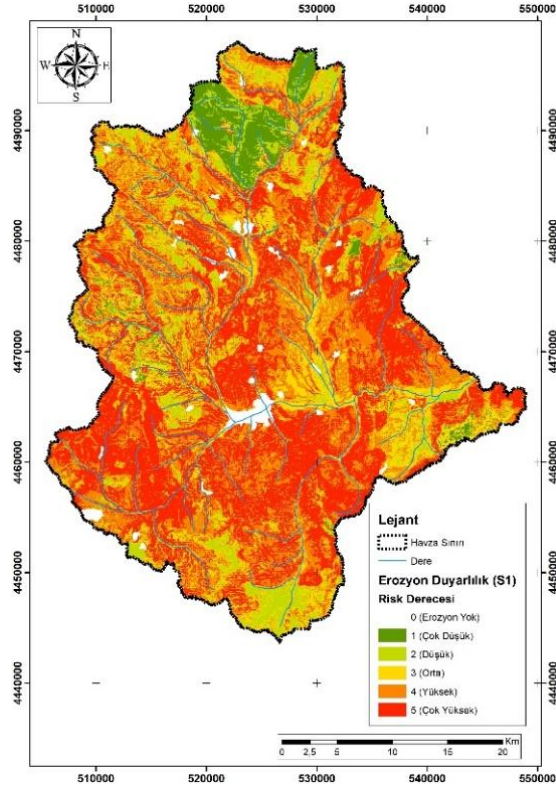
ICONA modeli analizleri, potansiyel sahaların %10'unun ağaçlandırılması senaryosunda "Erozyon Yok" ve "Çok Düşük" kategorilerinin toplam oranının yalnızca %7.2 olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 2). Buna karşılık, "Çok Yüksek" risk kategorisinin %82.2 gibi baskın bir oranda devam etmesi, mevcut ağaçlandırma düzeyinin toprak koruma kapasitesini artırmada ve erozyon riskini azaltmada yetersiz kaldığını göstermektedir (Şekil 8).

Ricci ve ark. (2020), İtalya'daki Carapelle Havzası'nda farklı koruma stratejilerini modelleyerek, yeniden ormanlaştırmanın erozyon riskini azalttığını, ancak düşük yoğunluklu uygulamaların sınırlı fayda sağladığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Ishaq ve ark. (2025) Portekiz'in yarı kurak bölgelerinde, özellikle Leptosol gibi hassas topraklarda, %10'luk ağaçlandırma uygulamasının kayda değer bir iyileşme sağlamadığını ortaya koymuştur. Terme Çayı Havzası'nda Senaryo 1 kapsamında elde edilen düşük etkinlik bu bulgularla paralellik göstermektedir. Chirino ve ark. (2006), uzun vadeli ormanlaştırmanın yüzey akışı ve toprak kaybını önemli ölçüde azaltabileceğini; ancak kısa vadeli ve düşük kapsamlı uygulamaların sınırlı etkiler sunduğunu vurgulamıştır. Liu ve ark. (2020) ise bitki örtüsü oranı %60'ın üzerine çıktığında erozyonun anlamlı ölçüde azaldığını, düşük yoğunluklu örtünün ise yetersiz koruma sağladığını belirtmiştir. Bu sonuçlar, ICONA modelinin çıktılıyla uyumlu olarak, yalnızca sınırlı alanlarda yapılan ağaçlandırmanın erozyon riskini azaltmada yetersiz olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, erozyon kontrolü için ağaçlandırma faaliyetlerinin daha geniş alanları kapsayacak şekilde planlanması ve toprak işlememe, kontur tarımı, örtü bitkileri ve teraslama gibi bütünleşik arazi yönetimi yöntemleriyle desteklenmesi gerekmektedir (İmal ve Öner 2008, Bai ve ark. 2020).

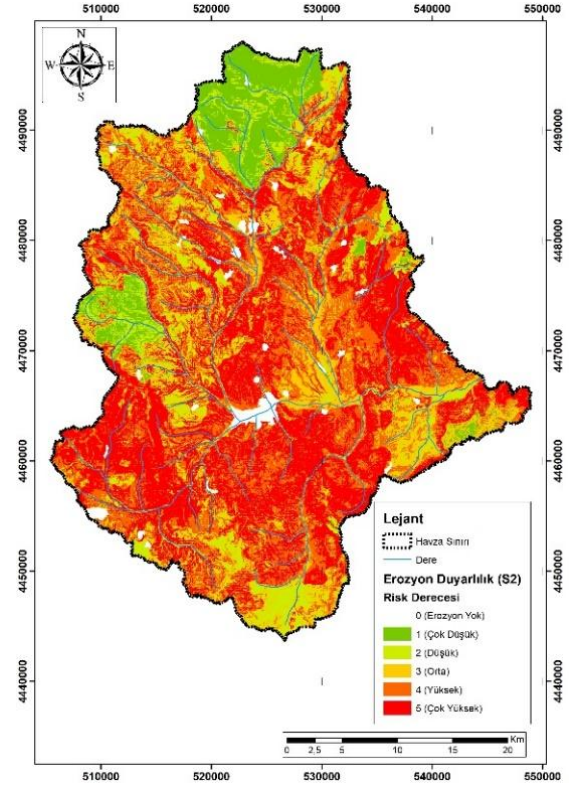
İkinci senaryoda, %20 ağaçlandırma senaryosunda, "Erozyon Yok" ve "Çok Düşük" kategorilerinin toplam oranı %7.2'den %9.4'e yükselmiş, bu da erozyon riskinin azaltılmasında kısmi bir iyileşme sağlamıştır (Şekil 9).



Şekil 7. Ağaçlandırma senaryoları sonrası yeniden oluşturulan toprak koruma haritaları (a:%10, b:%20, c:%30, d:%50)



Şekil 8. Senaryo 1'e göre oluşturulan erozyon risk haritası



Şekil 9. Senaryo 2'ye göre oluşturulan erozyon risk haritası

Çizelge 2. Potansiyel alanların %10'unun ağaçlandırılması sonrası erozyon risk alanlarının dağılımı

Erozyon Risk Durumu	Alan (ha)	Alan (%)
Erozyon Yok	2046.1	1.6
Çok Düşük	7212.6	5.6
Düşük	2075.9	1.6
Orta	7152.6	5.5
Yüksek	4495.7	3.5
Çok Yüksek	106386.9	82.2

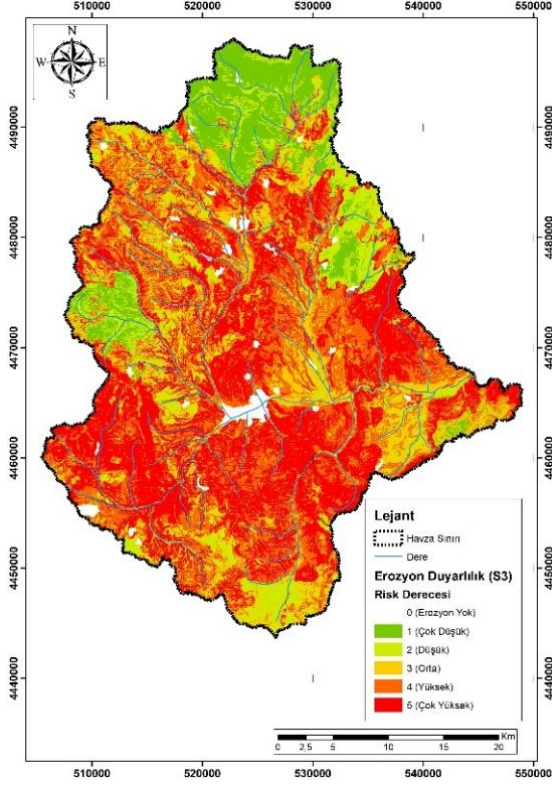
“Düşük” (%11.8) ve “Orta” (%15.0) risk kategorilerindeki artış, ağaçlandırmanın toprak koruma işlevine olumlu katkısını göstermektedir (Çizelge 3). Ancak, “Yüksek” (%29.8) ve “Çok Yüksek” (%34.1) risk oranlarının devam etmesi, erozyonun hâlen bölge için ciddi bir tehdit oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 3. Potansiyel alanların %20'sinin ağaçlandırılması sonrası erozyon risk alanlarının dağılımı

Erozyon Risk Durumu	Alan (ha)	Alan (%)
Erozyon Yok	2046.1	1.6
Çok Düşük	10109.4	7.8
Düşük	15232.4	11.8
Orta	19358.4	15.0
Yüksek	38539.8	29.8
Çok Yüksek	44083.8	34.1

Liu ve ark. (2020), yarı kurak bölgelerde %20–25 eğim aralığındaki arazilerde %60 bitki örtüsü yoğunluğunun toprak erozyonunu etkin biçimde kontrol ettiğini ortaya koymuştur. Porto ve ark. (2009) ise orman örtüsünün sürekliliği ve yoğunluğunun erozyon kontrolünde belirleyici olduğunu, %20 gibi düşük oranlı ağaçlandırmanın bu süreklilik sağlanmadığında sınırlı başarı göstereceğini belirtmiştir. Terme Çayı Havzası'nda Senaryo 2 kapsamında uygulanan %20 ağaçlandırma, erozyon riskinde kısmi bir azalma sağlamış olsa da yüksek riskli alanların oranı hâlen yüksektir. Literatür, %60'ın üzerinde bitki örtüsüyle erozyonun daha etkili kontrol altına alınabileceğini göstermekte olup, bu bağlamda daha yüksek oranlı ağaçlandırma senaryoları ve orman örtüsü sürekliliğini sağlayacak stratejiler önerilmektedir.

Üçüncü senaryoda, %30 ağaçlandırma sonrası, “Erozyon Yok” ve “Çok Düşük” kategorilerinin toplam oranı %11.5’e ulaşarak önceki senaryolara kıyasla belirgin bir iyileşme (Şekil 10) sağlamıştır (Senaryo 1: %7.2; Senaryo 2: %9.4).



Şekil 10. Senaryo 3'e göre oluşturulan erozyon risk haritası

“Düşük” (%13.8) ve “Orta” (%14.3) risk kategorilerindeki oranların azalması, ağaçlandırmanın toprak koruma işlevini güçlendirdiğini göstermektedir (Çizelge 4). Ancak, “Yüksek” (%28.4) ve “Çok Yüksek” (%31.9) risk oranlarının devam etmesi, erozyonun hâlen ciddi bir sorun olduğunu ve mevcut stratejilerin bu alanlarda yeterli iyileşme sağlamadığını ortaya koymaktadır.

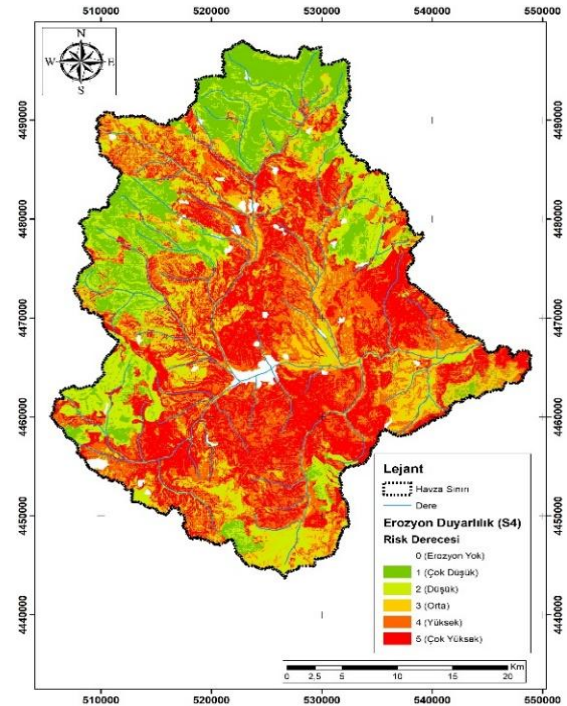
Çizelge 4. Potansiyel alanların %30'sının ağaçlandırılması sonrası erozyon risk alanlarının dağılımı

Erozyon Risk Durumu	Alan (ha)	Alan (%)
Erozyon Yok	2046.1	1.6
Çok Düşük	12834.2	9.9
Düşük	17881.6	13.8
Orta	18549.6	14.3
Yüksek	36741.3	28.4
Çok Yüksek	41317.1	31.9

ICONA modeli temelli araştırmalar, doğal ve planlı bitki örtüsünün yarı kurak bölgelerde erozyon riskini azaltmada kritik rol oynadığını ortaya koymaktadır. Esmaili Gholzom ve ark. (2021), doğal ormanların

%19.3'ünün ve plantasyon ormanlarının %2.73'ünün “çok düşük” erozyon riskine sahip olduğunu; özellikle %70–80 kapalılığa sahip yapraklı türlerin (meşe, gürgen) etkili koruma sağladığını bildirmiştir. Kasilian Havzası üzerine yapılan başka bir çalışmada (Esmaili Gholzom ve ark. 2022), yüksek eğim ve düşük bitki örtüsünün erozyon riskini artırdığı, ancak geniş doğal orman örtüsünün bu etkiyi dengelediği belirlenmiştir. Bu bulgularla uyumlu olarak, Terme Çayı Havzası'nda %30 oranındaki hedefli ağaçlandırma (Senaryo 3), özellikle eğimli ve yüksek riskli alanlarda doğal tampon görevi görerek toprak stabilitesini artırmış, bazı bölgelerde erozyon duyarlılık sınıfını düşürmüştür. Böylece Senaryo 3, hem literatürle uyumlu sonuçlar üretmiş hem de düşük maliyetli, uygulanabilir bir koruma stratejisi olarak öne çıkmıştır.

Dördüncü senaryo ile %50 ağaçlandırma çalışmalarının ardından (Şekil 11), “Erozyon Yok” ve “Çok Düşük” kategorilerinin toplam oranı %16,0'a ulaşarak önceki senaryolara göre belirgin bir iyileşme sağlamıştır (Senaryo 1: %7.2; Senaryo 2: %9.4; Senaryo 3: %11.5).



Şekil 11. Senaryo 4'e göre oluşturulan erozyon risk haritası

“Düşük” (%18.0) ve “Orta” (%13.2) risk kategorilerindeki artış, toprak koruma işlevinin güçlendiğini göstermektedir. “Yüksek” risk oranı %25.6'ya düşerken, “Çok Yüksek” risk oranı %27.2 ile sınırlı bir azalma

göstermiştir (Çizelge 5). Bu bulgular, yüksek oranlı ağaçlandırmanın erozyon riskini azaltmada etkili olduğunu ancak yüksek riskli bölgelerde ek önlemlere ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 5. Potansiyel alanların %50'sinin ağaçlandırılması sonrası erozyon risk alanlarının dağılımı

Erozyon Risk Durumu	Alan (ha)	Alan (%)
Erozyon Yok	2046.1	1.6
Çok Düşük	18653.8	14.4
Düşük	23244.7	18.0
Orta	17125.6	13.2
Yüksek	33119.1	25.6
Çok Yüksek	35180.5	27.2

Terme Çayı Havzası'nda %50 ağaçlandırma oranına sahip Senaryo 4, çok yüksek risk sınıfındaki birçok alanı "orta" veya "düşük" risk kategorisine taşımış ve böylece erozyon riskinde belirgin bir azalma sağlamıştır. ICONA modeli mekânsal analizleriyle desteklenen bu senaryo, literatürde raporlanan bulgularla uyumlu olup, kapsamlı arazi yönetimi ve sürdürülebilir çevresel planlama açısından uygulanabilir bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Son dönemde gerçekleştirilen çalışmalar, GIS tabanlı erozyon modelleri (RUSLE, ICONA benzeri yaklaşımlar, UA-CBS entegrasyonu) kullanarak ağaçlandırma oranı ve kapalılık düzeyinin yarı kurak ve eğimli havzalarda erozyon riskine etkisini ortaya koymuştur. Bulgular, %40–60 kapalılık aralığının yağışın kesilmesi, yüzey akış hızının azalması ve toprak yapısının iyileşmesi yoluyla erozyon riskinde önemli düşüşler sağladığını göstermektedir (Chirino ve ark. 2006, Xin ve ark. 2019). Kokila ve ark. (2024), geniş yapraklı türlerin toprak nemini artırarak yüzey erozyonunu azalttığını; Soboka ve Mohammed (2024) ise Etiyopya'daki ortalama eğimi yüksek havzalarda \geq 50 kapalılık düzeyinin risk sınıflarını 1–2 kademe düşürdüğünü bildirmiştir. Gammoudi ve ark. (2025) de Tunus'un güneyinde bitki örtüsü yoğunluğunun, yüksek–çok yüksek erozyon tehlikesine sahip alanların oranını önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur. Entegre yaklaşımlar, ağaçlandırmanın etkisini artıran tamamlayıcı önlemler olarak öne çıkmaktadır (Liu ve ark. 2020). Huang ve ark. (2024), Çin'in Loess Platosu'nda *Pinus tabulaeformis* Carr. plantasyonlarını zigzag teraslama ile birleştirerek toprak kaybını %67.75 oranında azaltmıştır. Kuzucu ve Gül (2024) ise geniş yaprak yoğunluğu oluşturan ağaç türlerinin kök–toprak bağı

güçlendirdiğini, yağışın doğrudan toprağa çarpmasını engelleyerek erozyonun önüne geçtiğini vurgulamışlardır.

Bu kapsamda, Senaryo 4'teki %50 ağaçlandırma oranı, literatürde önerilen %40–60 kapalılık eşiğine yaklaşmakta ve yüksek riskli alanlarda belirgin iyileşme sağlamaktadır. Bununla birlikte, kalıcı ve daha etkili bir erozyon kontrolü için, ağaçlandırmanın teraslama, kontur tarımı ve örtü bitkileri gibi bütünleşik arazi yönetimi teknikleriyle desteklenmesi gerekmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Terme Çayı Havzası özelinde ICONA modeli kullanılarak erozyon riski haritalarının oluşturulması ve farklı kapalılık oranlarında ağaçlandırma senaryolarının bu risk üzerindeki etkilerinin mekânsal olarak değerlendirilmesini amaçlamıştır. Analiz sonuçları, mevcut durumda havzanın %67.8'inin yüksek ve çok yüksek erozyon riski altında olduğunu ortaya koymuştur. Bu oran, havzanın doğal yapısı, topoğrafyası ve mevcut arazi kullanım biçimlerinin erozyona olan duyarlılığını net bir biçimde göstermektedir. Çalışmanın en önemli çıktısı, hedefli ve kademeli ağaçlandırma stratejilerinin, özellikle yukarı havza gibi eğimli ve bitki örtüsünden yoksun alanlarda erozyon riskini anlamlı şekilde azaltabileceğini göstermesidir. %30 oranında yapılan ve yüksek riskli bölgelere yönlendirilmiş ağaçlandırma (Senaryo 3), "çok yüksek" ve "yüksek" erozyon sınıflarında dikkate değer azalma sağlamış ve maliyet-yarar dengesi açısından en verimli senaryo olarak öne çıkmıştır. Uygulayıcı kurumlar açısından ise, mekânsal karar destek sistemleriyle entegre bir erozyon yönetim yaklaşımının nasıl geliştirilebileceğini göstermesi bakımından önemli bir kılavuz sunmaktadır. Arazi kullanım planlaması, ormanlaştırma politikaları ve sürdürülebilir havza yönetimi açısından somut senaryo temelli veri sağlamaktadır. Bununla birlikte, çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Özellikle bitki türü seçimi, kök yapısı gibi biyolojik faktörlerin modelde dikkate alınmaması, ağaçlandırmanın uzun vadeli dinamik etkilerini gözlemlemeyi kısıtlamaktadır. Ayrıca iklim parametrelerinin modelleme sürecine entegre edilmemiş olması da çalışmanın önemli bir diğer sınırlılığı olarak öne çıkmaktadır. Bu çerçevede gelecekteki araştırmalarda; bitki türlerinin morfolojik ve ekolojik özelliklerini içeren

parametrik modellemelere yer verilmesi, farklı erozyon modelleriyle (USLE, RUSLE, InVEST) karşılaştırmalı analizlerin yapılması önerilmektedir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destek Programı kapsamında yürütülen “Potansiyel Ağaçlandırma Alanlarının Toprak Erozyon Riski Üzerindeki Etkilerinin ICONA Modeli Kullanılarak Belirlenmesi: Terme Çayı Havzası Örneği” başlıklı proje doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Al Balasmeh O, Karmaker T, Babbar R (2023) Experimental investigation and modelling of rainfall-induced erosion of semi-arid region soil under various vegetative land covers. *Journal of Hydroinformatics*, 25(3):1029-1053, <https://doi.org/10.2166/hydro.2023.213>
- Bai L, Wang N, Jiao J, Chen Y, Tang B, Wang H, Wang Z (2020) Soil erosion and sediment interception by check dams in a watershed for an extreme rainstorm on the Loess Plateau, China. *International Journal of Sediment Research*, 35:408-416. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2020.03.005>
- Bayramin İ, Dengiz O, Başkan O, Parlak M (2003) Soil erosion risk assessment with ICONA model; case study: Beypazarı area. *Turk J Agric For*, 27:105-116.
- Bilgiç S, Er S (2025) Malatya ilinde ICONA yöntemi ile CBS ve uzaktan algılama tabanlı erozyon risk analizi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(1):350-359. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1587977>
- Borrelli P, Robinson DA, Fleischer LR, Lugato E, Ballabio C, Alewell C, Meusburger K, Modugno S, Schütt B, Ferro V, Bagarello V, Van Oost K, Montanarella L, Panagos P (2017) An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8: 2013. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- Carlson TN, Ripley DA (1997) On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote sensing of Environment*, 62(3):241-251. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1)
- Chirino E, Bonet A, Bellot J, Sánchez JR (2006) Effects of 30-year-old Aleppo pine plantations on runoff, soil erosion, and plant diversity in a semi-arid landscape in South Eastern Spain. *Catena*, 65(1):19-29. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.09.003>
- Chowdary VM, Chakraborty D, Jeyaram A, Murthy YVN, Sharma JR, Dadhwal VK (2013) Multi-Criteria decision making approach for watershed prioritization using analytic hierarchy process technique and GIS. *Water Resources Management*, 27:3555-3571. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0364-6>
- Demir S, Dursun İ (2024) Assessment of pre- and post-fire erosion using the RUSLE equation in a watershed affected by the forest fire on Google Earth Engine: the study of Manavgat River Basin. *Natural Hazards*, 120(3):2499-2527. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06291-5>
- Demirci U, Yıldırım S (2024) Economic Analysis Approaches for the Erosion Prevention Function of Forests. In P.D.L. ARIN (Ed.), Orman Mühendisliği Alanında Akademik Analizler. YAZ Yayınları. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10868234>
- Dengiz O, İmamoğlu A, Saygın F, Göl C, Ediş S, Doğan A (2014) İnebolu Havzası'nın ICONA modeli ile toprak erozyon risk değerlendirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (2):136-142. <https://doi.org/10.7161/anajas.2014.29.2.136-142>
- Dilek EF, Şahin Ş, Yılmaz İ (2008) Afforestation areas defined by GIS in Gölbaşı specially protected area, Ankara/Turkey. *Environ Monit Assess*, 144 (1):251-259. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9985-7>
- Dursun İ (2025) An integrated analytical approach to sub-watershed prioritization and erosion risk assessment in the Salda Lake Basin, Türkiye. *Environ Earth Sci*, 84:428. <https://doi.org/10.1007/s12665-025-12434-7>
- Dutal H (2022) Determination of the impact of forest fires on soil erosion risk by using the ICONA model: a case study of Ayvalı Dam watershed. *Turkish Journal of Forest Science*. 6(2):510-538. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1167356>
- Ediş S, Timur ÖB, Tuttu G, Aytaş İ, Göl C, Özcan AU (2023) Assessing the impact of engineering measures and vegetation restoration on soil erosion: a case study in Osmancık, Türkiye. *Sustainability*, 15(15):12001. <https://doi.org/10.3390/su151512001>
- Erpul G, İnce K, Demirhan A, Küçümen A, Akdağ MA, Demirtaş İ, Şahin S (2020) Su Erozyonu İle İstatistikleri-Toprak Erozyonu Kontrol Stratejileri. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- Esmaili Gholzom H, Ahmadi H, Moeini A, Motamed Vaziri B (2021) Water erosion risk assessment in the Kasilian watershed with ICONA model and GIS/RS techniques. *Res Earth Sci*, 12(3):144-163. <https://doi.org/10.48308/esrj.2021.100753>
- Esmaili Gholzom H, Moeini A, Ahmadi H, Motamed Vaziri B (2022) Soil erosion risk assessment in the natural and planted forests using ICONA model and GIS technique. *Int. J. Environ. Sci. Technol*, 19:3947-3962. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03536-3>
- Everest T, Sungur A, Özcan H (2025) ICONA modeli ile Biga Yarımadası güneybatı bölümünün erozyon risk değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 13(1):59-69. <https://doi.org/10.33202/comuagri.1645843>
- Fenta AA, Yasuda H, Shimizu K, Haregeweyn N, Negussie A (2016) Dynamics of soil erosion as influenced by watershed management practices: a case study of the Agula Watershed in the semi-arid highlands of Northern Ethiopia. *Environ. Management*, 58(5):889-905. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0757-4>
- Gammoudi A, Guesmi H, Tebini A, Attia R, Sahli Chahed T, Trabelsi H (2025) Soil degradation risk prediction in an arid region (Northern Tataouine, Tunisia): using an empirical model coupling with remote sensing and GIS. *Environ Res Commun*. 7(1):015019. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ada879>
- Harliando DP, Setyawan C, Mawandha HG (2023) Spatial modeling of vegetation cover for soil erosion control based on Arc GIS and the RUSLE models. *Journal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*. 12(1):14-27. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v12i1.14-27>
- Huang Y, Wei W, Chen S (2024) Effect of terraces and rainfall on water and soil loss in *Pinus tabulaeformis* plantations in the semiarid Loess hilly region of China. *Ecohydrology*. 17(8): e2720. <https://doi.org/10.1002/eco.2720>
- Ishaq HK, Grilli E, D'Ascoli R, Mastrocicco M, Rutigliano AF, Marzaioli R (2025) Soil quality under rotational and conventional grazing in Mediterranean areas at desertification risk. *Journal of Environmental Management*, 373:123822. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123822>
- Issaka S, Ashraf MA (2017) Impact of soil erosion and degradation on water quality: a review. *Geol Ecol and Landscapes*, 1:1-11. <https://doi.org/10.1080/24749508.2017.1301053>

- İmal B, Yılmaz S, Sağlıcak Y, Kondur Y, Şimşek Z, Öner N (2007) Çankırı (Tümçam)'da yarı kurak ağaçlandırma çalışmalarının değerlendirilmesi. Türkiye'de Yarı kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı Bildirileri, 1:66–71, Nevşehir.
- İmal B, Öner N (2008) Yarı Kurak Bir Alan Özelliği Gösteren Çankırı İlinde Uygulanabilecek Ağaçlandırma Teknikleri. IV. Çankırı Kültürü Bilgi Şöleni Bildirileri, 231–245, Çankırı.
- Jie C, Jing-zhang C, Man-zhi T, Zi-tong G (2002) Soil degradation: a global problem endangering sustainable development. *Journal of Geographical Sciences*, 12:243–252. <https://doi.org/10.1007/BF02837480>
- Karakoca E (2025) CBS ve uzaktan algılama teknikleri ile ICONA modeli kullanılarak Katrancı Çayı Havzası'nda (Haymana, Ankara) toprak erozyonu duyarlılığının değerlendirilmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 14:126–145. <https://doi.org/10.46453/jader.1653839>
- Kılıç OM (2022) Evaluation of future sediment yield and sediment retention capacity with InVEST model under climate change scenarios in Yeşilirmak Basin. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 10(7):1318–1328. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i7.1318-1328.5302>
- Kokila A, Nagarajaiah C, Hanumanthappa DC, Shivanna BK, Sathish K, Mahadevamurthy M (2024) Effect of tree canopy cover on soil moisture dynamics in different agroforestry systems under semi-arid condition. *Int J Environ Clim Change*, 14(9):485-495. <https://doi.org/10.9734/ijec/2024/v14i94432>
- Kuzucu M, Gül İ (2024) Erosion Control in Pastures [in Turkish]. In Strategies for Reforestation and Sustainable Fruit Farming. 45-72. Nobel Yayınları.
- Liu YF, Liu Y, Shi ZH, Lopez-Vicente M, Wu GL (2020) Effectiveness of re-vegetated forest and grassland on soil erosion control in the semi-arid Loess Plateau. *Catena*, 195:104787. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104787>
- MAPA/ICONA (1983) *Paisajes erosivos en el sureste español: Ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación*. Ministerio de Agricultura de España.
- Oldeman LR (1997) Soil degradation: a threat to food security?. In International Conference on Time Ecology: "Time for Soil Culture-Temporal Perspectives on Sustainable Use of Soil", April 6-9, 1997, Tutzing (p. 15). ISRIC
- Olivares B, Verbist K, Lobo D, Vargas R, Silva O (2011) Evaluation of the USLE model to estimate water erosion in an Alfisol. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 11(2):72–85. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162011000200007>
- Özvan H, Arık B, Satır O, Bostan P (2022) Bendimahı alt havzası potansiyel erozyon riskinin CORINE ve ICONA modelleri kullanılarak haritalanması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(3):389–404. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1128828>
- Panagos P, Borrelli P, Poesen J, Ballabio C, Lugato E, Meusburger K, Montanarella L, Alewell C (2015) The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environ Sci Policy*, 54:438–447. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>
- Porto P, Walling DE, Callegari G (2009) Investigating the effects of afforestation on soil erosion and sediment mobilisation in two small catchments in southern Italy. *Catena*, 79(3):181–188. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.01.007>
- Prasetyo A, Setyawan C, Tirtalistyani R (2021) Vegetation Cover Modelling for Soil Erosion Control in Agricultural Watershed. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 653, No. 1, p. 012033). IOP Publishing.
- Reis M, Duta H, Bolat N, Savacı G (2017) Soil erosion risk assessment using GIS and ICONA: a case study in Kahramanmaraş, Turkey. *J Agric Fac Gaziosmanpaşa University*, 34(1):64-75. <https://doi.org/10.13002/jafag4208>
- Ricci GF, Jeong J, de Girolamo AM, Gentile F (2020) Effectiveness and feasibility of different management practices to reduce soil erosion in an agricultural watershed. *Land Use Policy*, 90:104306. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104306>
- Satır O, Yeler ST, Dönmez C, Paul C (2023) Evaluating ecosystem service changes in a frame of transportation development in Istanbul. *Environ Monit Assess*, 195:801. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11404-5>
- Soboka DM, Mohammed M (2024) Spatial assessment of soil erosion risk using RUSLE and GIS in Dhumuga Watershed, Ambo, Ethiopia. *American Journal of Environmental Science and Engineering*, 8(4):100-106. <https://doi.org/10.11648/j.ajese.20240804.12>
- Şengüler İ (2007) Orta-Şabanözü (Çankırı) yöresinin jeolojisi ve kömür potansiyeli. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 31(1):15-24.
- Terzi F, Tezer A, Türkay Z, Uzun O, Köylü P, Karacor E, Okay N, Kaya M (2020) An ecosystem services-based approach for decision-making in urban planning. *J Environ Plann Manage*, 63(3):433-452. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1591355>
- Tombuş FE, Yüksel M, Coşar M, Ozulu İM (2012) Researching the Effects of Temporal NDVI in ICONA Erosion Risk. In: IV. Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu, Zonguldak.
- Uzun O, Gültekin P (2011) Process analysis in landscape planning, the example of Sakarya/Kocaali. *Sci Res Essays*, 6(2):313-331. <https://doi.org/10.5897/SRE10.716>
- Xin W, Deng X, Zhang F (2019) Scale effects of vegetation restoration on soil and water conservation in a semi-arid region in China: Resources conservation and sustainable management. *Resour Conserv Recycl*, 151:104474. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104474>
- Yıldırım S, Özalp M (2024) Evaluation of hydrological parameters and sediment dynamics in the borçka dam watershed using the SWAT model. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25(1):111-127. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.1426951>
- Yıldız NE, Kahveci B (2024) ICONA modeli kullanılarak toprak erozyonu riskinin tahmin edilmesi: Ankara ili örneği. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 9(4):822-831. <https://doi.org/10.35229/jaes.1591959>
- Zhao J, Feng X, Deng L, Yang Y, Zhao Z, Zhao P, Fu B (2020) Quantifying the effects of vegetation restorations on the soil erosion export and nutrient loss on the Loess Plateau. *Frontiers in Plant Science*, 11: 573126. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.573126>

Çok Kriterli Karar Verme Temelli Erozyon Analizi: Entropi-WASPAS Yaklaşımıyla Derindere Havzası'nın (Ardahan) Önceliklendirilmesi

Erosion Analysis Based on Multi-Criteria Decision-Making: Prioritization of the Derindere Watershed (Ardahan) Using the Entropy-WASPAS Approach

İbrahim DURSUN*¹ 

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1733893](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1733893)

*Sorumlu yazar/Corresponding author

İbrahim DURSUN

e-mail: ibrahimdursun@isparta.edu.tr

Geliş tarihi / Received

03.07.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

24.08.2025

Kabul tarihi / Accepted

19.09.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Ardahan

Erozyon riski

Entropi

Morfometri

Keywords:

Ardahan

Erosion risk

Entropy

Morphometry

Özet

Bu çalışmada, Derindere Havzası'nın morfolojik özellikleri ve erozyon riski alt havza ölçeğinde nesnel kriterler kullanılarak belirlenmiştir. Havzanın morfolojik parametreleri, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) verilerinden elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak hesaplanmıştır. Entropi yöntemi ile kriter ağırlıkları nesnel olarak belirlenmiş ve ardından ÇKKV yöntemlerinden WASPAS (Ağırlıklı Toplu Toplam Ürün Değerlendirmesi) uygulanarak alt havzaların erozyon riski sınıflandırılmıştır. Analizler, özellikle çatallanma oranı (Rb) ve akarsu uzunluk oranı (RI) gibi parametrelerin erozyon potansiyelinde belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Bağıl rölyef (Rhp) ve engebellik indeksi (Rn) ise yüksek eğimli alt havzaların erozyona karşı duyarlılığını artırmaktadır. Entropi-WASPAS entegrasyonu sonucu, AH-4 "Çok Yüksek" erozyon riski taşıyan alan olarak tanımlanırken, diğer alt havzalar "Çok Düşük" sınıfta yer almıştır. Orman ekosistemleri, havzanın topografik yapısına bağlı olarak toprak koruma ve su kalitesinin artırılmasında önemli bir işlev üstlenmektedir. Bu bağlamda, yüksek risk taşıyan alt havzalarda orman örtüsünün korunması ve iyileştirilmesi; erozyonun azaltılması ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından öncelikli müdahale alanı olarak önerilmektedir. Morfolojik parametrelerin, erozyon riskini doğru biçimde yansıttığı ve Entropi-WASPAS tabanlı çok kriterli karar verme yaklaşımlarının kaynakların etkili şekilde tahsis açısından güçlü bir karar destek aracı sunduğu görülmektedir. İleriye dönük olarak, iklim değişikliği ve arazi kullanımındaki değişimlerin etkilerini içeren çok boyutlu analizlerin gerçekleştirilmesi, havza yönetimi kararlarının doğruluğunu ve uygulanabilirliğini artıracaktır.

Abstract

In this research, the morphometric characteristics and erosion risk of the Derindere Watershed were assessed at the sub-basin scale using objective criteria. The morphometric parameters were derived from a Digital Elevation Model (DEM) generated from Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) data. Criterion weights were objectively determined through the Entropy method, and subsequently, the WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) technique, one of the MCDM approaches, was employed to classify erosion risk across the sub-basins. The analyses indicated that parameters such as the bifurcation ratio (Rb) and stream length ratio (RI) were key determinants of erosion potential. Furthermore, relative relief (Rhp) and the ruggedness index (Rn) revealed that steeply sloping sub-basins exhibit greater susceptibility to erosion. Through the integration of Entropy and WASPAS, the SW-4 was identified as an area of 'Very High' erosion risk, whereas the remaining sub-basins were classified as 'Very Low.' Forest ecosystems were found to play a crucial role in soil conservation and water quality enhancement, conditioned by the topographic structure of the watershed. Accordingly, preserving and rehabilitating forest cover in high-risk sub-basins is recommended as a priority intervention strategy to mitigate erosion and promote the sustainable management of water resources. The findings demonstrate that morphometric parameters accurately reflect erosion risk, while the Entropy-WASPAS-based multi-criteria decision-making framework offers a robust decision-support tool for the effective allocation of resources. Looking forward, incorporating multidimensional analyses that integrate the impacts of climate change and land-use dynamics will enhance both the accuracy and applicability of watershed management decisions.

GİRİŞ

Toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, günümüzde yalnızca çevresel değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik açıdan da çok boyutlu bir yaklaşımı zorunlu

kılmaktadır. Havzaların morfolojik özelliklerine yönelik analizlerden elde edilen veriler; su kaynaklarının etkin yönetimi, toprak erozyonu kontrolü, heyelan duyarlılığı haritalaması, yer altı suyu potansiyelinin değerlendirilmesi ve havzaların önceliklendirilmesi gibi

birçok alanda karar destek aracı olarak kullanılmaktadır (Singh ve ark. 2021).

Toprak erozyonu; üretim kaybı, sedimantasyon artışı, biyolojik çeşitlilik kaybı ve baraj ömürlerinin kısılması gibi ekosistem işleyişini doğrudan etkileyen kritik bir süreçtir (Gelagay ve Minale 2016). Türkiye gibi erozyonun yaygın olduğu ülkelerde, bu durum hem çevresel hem de ekonomik açıdan ciddi sonuçlar doğurmaktadır; iklim değişikliğine bağlı yağış rejimi düzensizlikleri ve bitki örtüsündeki değişimler bu riski daha da artırmaktadır (Dursun ve Babalık 2023a, Pamukoğlu ve ark. 2023, Demir ve Dursun 2024). Dolayısıyla erozyon yönetiminin havza ölçeğinde nesnel yöntemlerle değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Havzalar, yapısal özellikleri itibarıyla toprak erozyonunun mekânsal dağılımının analizinde uygun birimler olup morfometrik yapı, hidrolojik denge ve ekosistem sürdürülebilirliği üzerinde belirleyici bir faktördür (Weslati ve Serbaji 2024).

Erozyon, dinamik yapısı ve çok katmanlı doğasıyla karmaşık bir çevresel süreç olarak değerlendirilmelidir. Bu süreçlerin kapsamlı biçimde anlaşılabilmesi, havzaların morfometrik nitelikleri ile hidrolojik işleyişlerinin detaylı analizine bağlıdır. Özellikle morfometrik göstergelerin değerlendirilmesi, mevcut koşulların sağlıklı bir şekilde yorumlanmasının yanı sıra, uzun vadeli planlama ve yönetim stratejilerinin oluşturulması açısından da kritik bir öneme sahiptir (Dursun ve Babalık 2023a, Salvi ve ark. 2025).

Havza morfometrisine yönelik yapılan analizler, toprak erozyonu, su yetersizliği ve arazi bozulumu gibi çevre sorunlarına karşı uzun dönem planlamalarında kullanılabilir. Bu tür çalışmalar aracılığıyla, erozyon açısından hassas bölgeler tespit edilmekte ve bu alanlara yönelik koruma tedbirleri daha etkin bir şekilde planlanabilmektedir (Shekar ve ark. 2025). Bu çerçevede gerçekleştirilen havza önceliklendirme çalışmaları, çevresel bozulma potansiyeli taşıyan alanların tespit edilmesine ve bu alanlara yönelik koruma öncelikleri ile yönetim stratejilerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır (Pan ve ark. 2025).

Ancak yalnızca morfometrik ölçütlere dayalı yaklaşımların, çoğu zaman karmaşık çevresel sorunların çözümünde yetersiz kaldığı durumlar olabilmektedir. Bu noktada, sosyo-ekonomik yapıdan ekolojik değişkenlere kadar geniş yelpazede değerlendirmelerin ve analizlerin yapılabildiği Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, çok sayıda kriterin eşzamanlı değerlendirilmesiyle karmaşık karar süreçlerinde nesnel ve sistematik çözümler sunmaktadır (Öztürk 2009, Sarkar ve ark. 2022).

Türkiye'de erozyon risk analizlerinde RUSLE ve ICONA gibi geleneksel modeller ile GeoWEPP gibi süreç tabanlı modellerden yararlanılmış olsa da, bu yaklaşımların ÇKKV yöntemleriyle entegrasyonu literatürde oldukça sınırlıdır. Havza ölçeğinde erozyon risk analizlerinde daha çok RUSLE (Ediş ve ark. 2023, Dursun ve ark. 2025), ICONA (Ediş ve ark. 2021, Dutal 2022, Dursun 2025) ve GeoWEPP (Yüksel ve ark. 2016, Dursun ve Babalık 2023b) gibi modellerin kullanıldığı görülmektedir. Buna karşın, ÇKKV yöntemleri ile bu modellerin entegre edildiği çalışmalar sınırlı sayıda olup, özellikle Entropi-WASPAS (Ağırlıklı Toplu Toplam Ürün Değerlendirmesi) birleşik yaklaşımına dayalı havza önceliklendirmesi neredeyse hiç uygulanmamıştır. Bu durum, bu çalışmayı Türkiye literatüründe yenilikçi ve öncü bir katkı konumuna getirmektedir.

Bu bağlamda, çalışmada kullanılan Entropi yöntemi, kriterler arası bilgi dağılımını esas alarak uzman görüşünden bağımsız biçimde nesnel ağırlıklar belirler. Yöntemin temel avantajı, karar sürecinde dışsal yargıların etkisini en aza indirerek, kriter ağırlıklarının istatistiksel dağılımlara dayalı olarak tanımlanmasını sağlamasıdır (Chen 2019, Dede ve Zorlu 2023). WASPAS yöntemi ise alternatiflerin genel performansını bütüncül bir şekilde karşılaştırır. Bu iki yaklaşımın entegrasyonu, havza önceliklendirmesi için güçlü bir analitik çerçeve sunmakta ve karar vericilere sürdürülebilir planlama süreçlerinde etkili çözümler sağlamaktadır (Goswami ve Behera 2021, Akay ve ark. 2023). Güncel çalışmalar incelendiğinde, Entropi ve WASPAS yöntemlerinin havza önceliklendirmesi kapsamında başarıyla uygulandığı ve karar vericilere etkili çözümler sunduğu görülmektedir (Sarkar ve Gayen 2024, Pan ve ark. 2025). Dolayısıyla, bu iki yöntemin birlikte değerlendirilmesi, çok kriterli,

bilimsel temelli ve sürdürülebilir planlama yaklaşımları geliştirmek açısından önemli bir fırsat sunmaktadır.

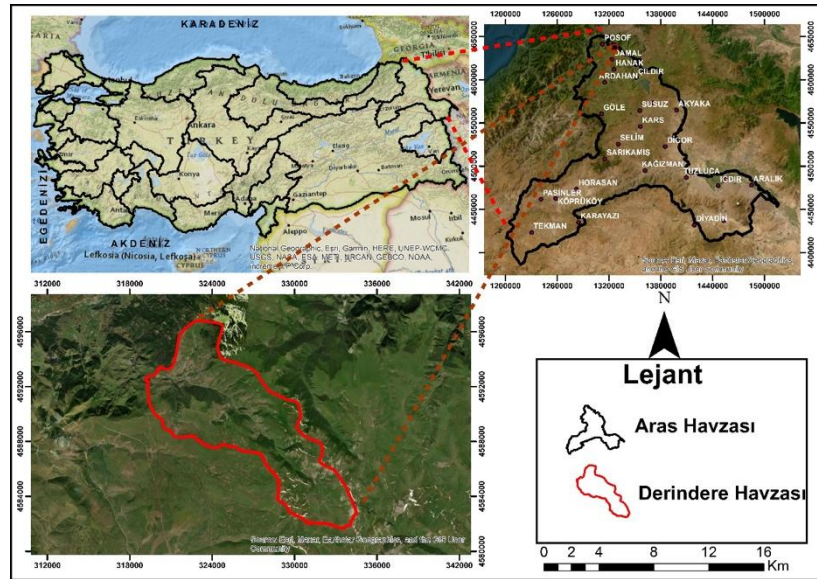
Bu çalışmanın temel amacı, havza düzeyinde toprak erozyonu riskine dayalı bir önceliklendirme yaparak, karar vericilere ekolojik ve hidrolojik süreçleri dikkate alan bilimsel bir yol haritası sunmaktır. Bu kapsamda, morfometrik parametreler Entropi ve WASPAS yöntemleriyle birlikte değerlendirilmiş ve sürdürülebilir doğal kaynak yönetimi çerçevesinde öncelikli alanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, çalışmanın çıktıları Birleşmiş Milletler'in 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (özellikle SKH-6: Temiz Su ve Sanitasyon, SKH-13: İklim Eylemi ve SKH-15: Karasal Yaşam) ile doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, araştırma yalnızca bilimsel katkı sunmakla kalmayıp, aynı zamanda politik, sosyal ve

çevresel etkiler açısından da önemli bir referans niteliği taşımaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu araştırma, Aras Havzası'nın Posof Çayı alt havzasında bulunan Derindere Havzası'nda gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Araştırma sahası, Ardahan ilinin Posof ilçesi sınırları içerisinde yer almakta olup, doğuda Gürcistan, güneyde Damal ilçesi ve kuzeybatıda Posof ilçe merkezi ile çevrilidir. Toplam yüzölçümü yaklaşık 90.11 km² olan havza, 41°28'–41°35' kuzey enlemleri ile 42°43'–42°52' doğu boylamları arasında yer almaktadır.



Şekil 1. Araştırma alanının konumu

Bölgenin iklim özellikleri, Türkiye'nin en düşük sıcaklıklarının kaydedildiği Doğu Anadolu Bölgesi içerisinde yer almasına rağmen, Posof ilçesinde sıcaklık ve yağış miktarlarının görece yüksek olması nedeniyle farklılık göstermektedir. Bu durum, bölgenin özel konumsal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. İklim karakteristiği, coğrafi faktörlere bağlı olarak Doğu Anadolu'nun karasal iklimi ile Karadeniz'in nemli iklim tipi arasında bir geçiş özelliği göstermekte ve yarı nemli bir iklim yapısına sahiptir (Kaya 2005). Posof ve çevresinin

yıllık ortalama sıcaklık değerleri, 7.2 °C, yıllık toplam yağış değerlerinin ise 612 mm' dir (Dede 2023).

Jeolojik açıdan, Derindere Havzası, volkanik kökenli formasyonlar üzerinde gelişmiş olup aşınım yüzeyi pliyosen yaşlıdır. Bölgede anakaya olarak andezit, kiltaş, miltaş ve kumtaş formasyonları yaygın olarak görülmektedir. Havza genelinde geniş alanlarda yayılış gösteren azonal toprak grubuna ait litosoller, özellikle dik yamaçlarda etkili olan erozyon sonucu yüzeysel inorganik materyalin alt kesimlere ve vadi tabanına taşınmasına

neden olmuş, böylece bu alanlarda azonal toprakların gelişimini hızlandırmaktadır. Ayrıca, havza içerisinde intrazonal toprak gruplarından kahverengi orman toprakları ile birlikte taşlık ve kayalık alanlar da yayılış göstermektedir (Koçman 1979, Kaya 2005).

Derindere Havzası'nda, vadi yamaçlarında meşe (*Quercus* spp.), titrek kavak (*Populus tremula* L.) türleri hakimdir. Kurtyuvası Tepe ile Mermerler Dere vadisi çevrelerinde ise huş (*Betula pendula* Roth.) türü bulunmaktadır (ÇŞİDM 2024). Ayrıca, bölgede subalpin ve alpin çayır bitkilerine ait türler yaygın olarak görülmektedir (Kaya 2005).

Yöntem

Derindere Havzası'na ait alt havzalar ve drenaj ağı sistemleri, 30 m çözünürlüğe sahip SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) verilerine dayalı olarak oluşturulan ve boş pikselleri düzeltilmiş Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üzerinden türetilmiştir. Bu SYM verisi, akış yönü ve akış birikimi katmanlarının hesaplanmasında kullanılmış; ardından ArcHydro modülü yardımıyla Strahler'in (1964) geliştirdiği hiyerarşik derecelendirme yöntemine göre akarsu ağı ve alt havzalar oluşturulmuştur (Dursun 2025). Son aşamada, akarsu sayıları ve akarsu uzunlukları ArcGIS 10.2 yazılımında öznitelik tabloları üzerinden hesaplanmıştır (Dursun ve Babalık 2023a, ESRI 2004).

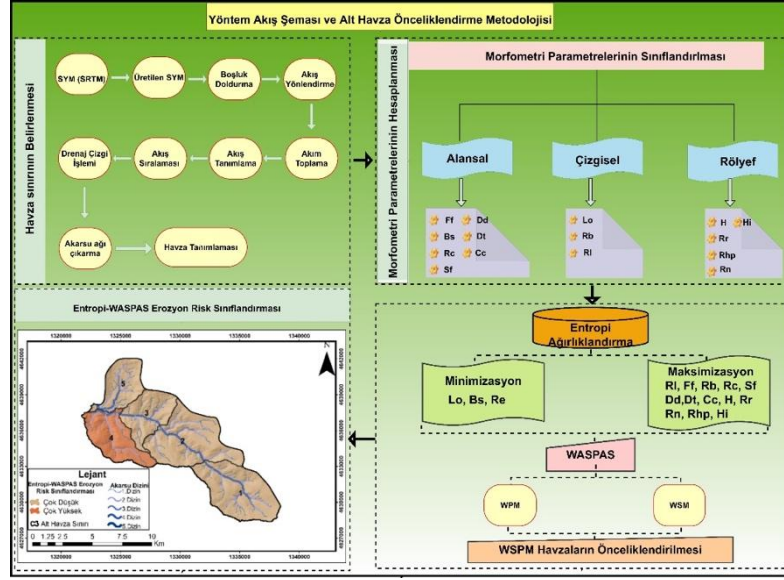
SRTM tabanlı SYM verileri ile oluşturulan drenaj ağları, diğer SYM türlerine kıyasla daha gerçekçi bir topografik temsil sunmakta ve morfometrik analizlerde daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır (Basavareddy ve ark. 2025). Bununla birlikte, SYM verisinin mekânsal çözünürlüğü ile raster tabanlı akış yönü ve akış birikimi algoritmalarındaki hata kaynakları, morfometrik analiz sonuçlarını etkileyebilir. Örneğin, Akbar ve ark. (2024) ± 30 m düzeyinde kanal başlangıç hataları gündeme getirirken, Rocha ve ark. (2022) farklı topografik yapı ve çözünürlüklerde hidrolojik model

performansının değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur.

Hidrolojik analiz sonuçlarına göre Derindere Havzası beş alt havzaya ayrılmış; bu alt havzalar, drenaj ağı özellikleri (akarsu sıklığı, drenaj alanı, akarsu uzunluğu, akarsu sırası) ve morfometrik parametreleri (havza alanı, çevre uzunluğu, havza şekli, eğim, rölyef özellikleri) temel alınmıştır. Alt havzaların sınırlandırılmasında hidrolojik akış yönleri, birleşim noktaları ve topografik yükseltiler dikkate alınarak, her bir alt havzanın kendi hidrolojik bütünlüğü korunmuştur. Böylelikle her alt havza, erozyon hassasiyeti açısından bağımsız bir analiz birimi olarak tanımlanmış ve değerlendirilmelerde kullanılmıştır.

Bu bağlamda, her bir alt havza için toplamda 16 morfometrik parametre hesaplanmıştır. Bu parametrelerden; Minimizasyon ilkesi, düşük değerlerin erozyon riskini azalttığı parametreleri; Yüzeysel Akış Uzunluğu (Lo), Havza Uzunluk Oranı (Re) ve Şekil Faktörü (Bs), maksimizasyon ilkesi ise; Çatallanma Oranı (Rb), Akarsu Uzunluk Oranı (Rl), Form Faktörü (Ff), Dairesellik Oranı (Rc), Akarsu Sıklığı (Fs), Drenaj Yoğunluğu (Dd), Drenaj Tekstürü (Dt), Gravelius İndeksi (Cc), Havza Rölyefi (H), Rölyef Oranı (Rr), Bağlı Rölyef (Rhp), Engebelilik Değeri (Rn) ve Hipsometrik İntegral (Hi) ise yüksek değerlerin erozyon riskini artırdığı parametreleri ifade eder. Daha önceki çalışmalarda bu göstergelerin erozyon ve su kaynakları duyarlılığının belirlenmesinde kritik rol oynadığı bildirilmiştir (Singh ve ark. 2021, Sarkar ve ark. 2022, Dursun ve Babalık 2023a, Pan ve ark. 2025). Ayrıca, seçilen parametrelerin sahaya özgü topoğrafik koşulları (yüksek eğim, dar vadiler ve karmaşık drenaj yapısı) temsil etme kabiliyeti, seçim gerekçelerinin bir diğer unsurunu oluşturmaktadır.

Bu morfometrik göstergeler, entropi yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Entropi-WASPAS bütünleşik yöntemi kullanılarak Derindere Havzası'na ait erozyona hassas bölgelere yönelik olarak yürütülen bu çok aşamalı analiz sürecine ilişkin yöntemsel akış Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Yöntem akış şeması

Entropi Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Entropi kavramı ilk kez 1865 yılında Alman fizikçi ve matematikçi Rudolf Julius Emanuel Clausius tarafından, sistemlerdeki düzensizlik ve belirsizliğin ölçülmesine yönelik bir yaklaşım olarak tanımlanmıştır (Tsallis 2022). Bu temel yaklaşım, daha sonra bilgi kuramı bağlamında Shannon (1948) tarafından yeniden yorumlanmış; entropi, rastgele bir değişkenin olasılık dağılımı fonksiyonu veya olasılık yoğunluk fonksiyonu temelinde, sistemdeki bilgi miktarını ölçen istatistiksel bir ölçüt olarak tanımlanmıştır.

Entropi yöntemi, ardışık ve sistematik biçimde yürütülen beş temel adımdan oluşmaktadır. Entropi yönteminin ilk adımı, karar matrisinin normalize edilmesiyle başlamaktadır. Bu aşamada, kriterlerin fayda ya da maliyet tipi olmalarına göre uygun normalizasyon yöntemi uygulanmakta ve kriter değerleri karşılaştırılabilir hâle getirilmektedir (Eşitlik 1).

$$r_{ij} = \{x_{ij} | \max_{ij}\} (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n) \quad r_{ij} = \{x_{ij} | \min_{ij}\} (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n) \quad (1)$$

Çalışmanın ikinci aşamasında, karar verme sürecine dâhil edilen ve farklı birimlerle ifade edilen kriterlere ait verilerin karşılaştırılabilir bir forma dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla, veriler [0, 1] aralığına indirgenerek standartlaştırılmakta ve bu işlem, Eşitlik (2)

ile tanımlanan normalizasyon yöntemi aracılığıyla gerçekleştirilmektedir.

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad (2)$$

Bu formülde kullanılan terimler: i alternatifleri, j kriterleri, P_{ij} ise normalize edilmiş değerleri göstermektedir.

Üçüncü aşamada, her bir değerlendirme kriterine ilişkin Entropi değerleri (E_j), Eşitlik (3)'te verilen formül doğrultusunda hesaplanmaktadır. Bu hesaplama, kriterlerin karar sürecine olan bilgi katkı düzeylerini nicel olarak ortaya koymaktadır.

$$E_j = -k * \sum_{i=1}^n P_{ij} * \ln (P_{ij}) \quad (3)$$

Bu formülde kullanılan terimler: k, entropi katsayısı; P_{ij}, normalize edilmiş değerler, E_j, j kriterine ait entropi değeridir.

Dördüncü aşamada, bir önceki adımda elde edilen Entropi değerlerinden yararlanılarak, her bir kriterin farklılaşma derecesi (d_j) hesaplanmaktadır. Bu işlem, Eşitlik (4) kapsamında tanımlanan formül doğrultusunda gerçekleştirilmekte olup, kriterlerin bilgi içeriğindeki çeşitliliği ortaya koymaktadır.

$$d_j = 1 - E_j \quad (4)$$

Beşinci ve son aşamada, her bir kriterin farklılaşma derecesi, toplam farklılaşma derecesine oranlanarak ilgili kriterin ağırlık katsayısı (w_j) hesaplanmaktadır. Bu ağırlıklandırma işlemi, Eşitlik (5) aracılığıyla gerçekleştirilmekte ve karar sürecinde kriterlerin görece önem düzeylerinin nicel olarak ifade edilmesine olanak tanımaktadır.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (5)$$

WASPAS

İlk olarak Zavadskas ve ark. (2012) tarafından literatüre kazandırılan bu model, Ağırlıklandırılmış Toplam Ürün Değerlendirmesi yaklaşımı olup, Ağırlıklandırılmış Toplam Modeli (WSM) ve Ağırlıklandırılmış Çarpım Modeli (WPM) yöntemlerinin bütünleşik bir yapıda birleşiminden oluşmaktadır. Havza önceliklendirmesi kapsamında erozyona eğilimli alanların tespiti açısından yenilikçi bir metodolojik çerçeve sunmaktadır.

Bu yöntemde izlenen adımlar şu şekildedir:

1. *Aşama-Karar matrisinin oluşturulması:* Karar verme sürecinin ilk aşamasında, alternatifler ile değerlendirme kriterleri arasındaki ilişkiyi ortaya koyan karar matrisi tanımlanır. Bu matris, her bir alternatifin her bir kritere göre göstermiş olduğu performans değerlerini içermekte olup, Eşitlik (6) ile ifade edilmektedir.

$$x = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Burada; m , değerlendirilen alternatiflerin sayısını; n ise kullanılan kriter sayısını göstermektedir. Her bir x_{ij} değeri, j . kritere göre i alternatifin performansını ifade etmektedir.

2. *Aşama-Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması:* WASPAS, WSM ve WPM gibi iki ÇKKV yaklaşımının bir kombinasyonudur. Normalize edilmiş karar matrisi, fayda ve maliyet türündeki kriterlere göre Eşitlik (7) ve Eşitlik (8) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\bar{x} = \frac{x_{ij}}{\max(x_{ij})} \quad (7)$$

$$\bar{x} = \frac{\min(x_{ij})}{x_{ij}} \quad (8)$$

Bu işlemler sonucunda, farklı ölçekteki kriterler normalize edilerek [0, 1] aralığına indirgenir ve karşılaştırılabilir hâle getirilir. Burada x_{ij} değeri x_{ij} değerinin normalize edilmiş değerini göstermektedir.

3. *Aşama-WSM baz alınarak yapılan toplam nispi önem değerinin hesaplanması:* WASPAS yaklaşımında ilk olarak WSM kullanılarak her bir alternatifin toplam görece önem değeri hesaplanmaktadır. Bu hesaplama, her bir kriterin normalize edilmiş değeri ile o kritere ait ağırlık katsayısının çarpılması ve elde edilen sonuçların toplanmasıyla yoluyla gerçekleştirilmektedir (Eşitlik 9).

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} * w_j \quad (9)$$

4. *Aşama-WPM kullanılarak alternatiflerin görece önem derecelerinin hesaplanması:* Burada her bir kriterin normalize edilmiş değeri, ilgili kriter ağırlığı kadar üs alınarak ve bu yolla Q değeri elde edilmektedir (Eşitlik 10).

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j} \quad (10)$$

5. *Aşama-WSM ve WPM modellerine dayalı birleşik nispi önem değerinin hesaplanması:* Bu son aşamada, her bir alternatifin toplam görece önemi, WSM ve WPM yaklaşımlarından elde edilen sonuçların eşit ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanır (Eşitlik 11).

$$Q_i = \lambda * Q_i^{(1)} + (1 - \lambda) * Q_i^{(2)} = \lambda \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} * w_j + (1 - \lambda) \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j} \quad (11)$$

Bu çalışmada λ değeri sabit alınmamış, senaryo bazlı olarak 0 ile 1 arasında ($\lambda = 0, 0.1, 0.2, \dots, 0.9, 1$) artan adımlarla değerlendirilmiştir. Böylece farklı λ senaryoları altında elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, yöntemin duyarlılığı analiz edilmiştir.

Her iki modelin katkısının dengelenmesi amacıyla λ (lambda) katsayısı başlangıçta 1.0 olarak belirlenmiş ve bu doğrultuda nihai tercihlik skorları (Q_i) hesaplanmıştır. Bununla birlikte, modelin duyarlılığını test etmek ve farklı bileşen ağırlıklarının sonuçlar üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla, Sarkar ve Gayen (2024) tarafından önerilen yöntem izlenmiş ve λ katsayısı 0.0 ile 1.0 aralığında 0.1'lik artışlarla değiştirilerek toplamda 11 farklı senaryo oluşturulmuştur. Her bir senaryoda, alt havzaların genel Q_i yeniden hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, her senaryoya karşılık gelen Q_i değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur. AH-4, tüm λ değerlerinde en yüksek Q_i skorlarına ulaşarak tutarlı biçimde birinci sırada yer almıştır (Çizelge 1 ve 2). Bu sonuç, AH-4'ün eğim, jeolojik yapı, arazi kullanımı ve akış yoğunluğu gibi kriterler bakımından en yüksek erozyon riski taşıyan alt havza olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. AH-4'ün diğer alt havzalara kıyasla yüksek erozyon duyarlılığı göstermesi, çeşitli fizyografik ve arazi kullanım faktörleri ile ilişkilidir. Özellikle bu alt havzada ortalama eğim değerlerinin daha yüksek olması, yüzeysel akışın artmasına ve toprak kaybının hızlanmasına neden olmaktadır. Ayrıca jeolojik birimler daha ayrışabilir ve geçirimsiz litolojilerden oluştuğu için erozyona karşı direnç düşüktür. Arazi kullanımında ise yoğun mera ve parçalı tarım alanlarının baskın olması, bitki örtüsü korumasını azaltmakta ve yağışın doğrudan toprak yüzeyine etki etmesine yol açmaktadır. Buna ek olarak, akış yoğunluğunun yüksekliği drenaj ağını sıklaştırarak yağış sonrası akış

konsantrasyonunu artırmaktadır. Bu unsurlar birlikte değerlendirildiğinde, AH-4'ün yüksek risk profili literatürde benzer çalışmalarla uyumludur ve model sonuçlarını destekler niteliktedir. Ayrıca, AH-4'ün Q_i skorlarının λ değişiminden etkilenmeksizin artış eğilimi göstermesi, bu alt havzanın kriter bazında yüksek risk potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

AH-5, tüm senaryolarda en düşük Q_i skorlarına sahip olarak sıralamada sürekli son sırada yer almıştır. Bu bulgu, AH-5'in mevcut kriterler açısından görece düşük erozyon potansiyeline sahip bir morfolojiye işaret etmektedir. AH-1 ve AH-2, λ katsayısındaki değişimlere bağlı olarak sıralama pozisyonlarını değiştirmiştir; özellikle $\lambda = 0.9$ ve 1.0 değerlerinde AH-1 ikinci sıraya yükselirken, AH-2 üçüncülüğe gerilemiştir. Bu durum, WPM bileşeninin ağırlığının artırıldığı senaryolarda AH-1'in görece üstünlüğünün daha belirgin hale geldiğini, buna karşılık AH-2'nin avantajlarının zayıfladığını göstermektedir.

AH-3, tüm senaryolarda tutarlı biçimde dördüncü sırada kalmış ve sıralama açısından tam bir istikrar göstermiştir. Bu durum, söz konusu alt havzanın düşük düzeyde erozyon riski ile karakterize olduğunu göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, λ katsayısındaki değişimin bazı alt havzaların sıralamasını etkileyebileceği, ancak AH-4 ve AH-5'in pozisyonları tüm senaryolarda değişmeden kalarak yüksek düzeyde istikrar sağladığı görülmektedir.

Çizelge 1. Farklı λ değerlerine göre WASPAS Q_i değerleri

AH	$\lambda=0$	$\lambda=0.1$	$\lambda=0.2$	$\lambda=0.3$	$\lambda=0.4$	$\lambda=0.5$	$\lambda=0.6$	$\lambda=0.7$	$\lambda=0.8$	$\lambda=0.9$	$\lambda=1$
1	0.627	0.614	0.601	0.588	0.575	0.562	0.549	0.536	0.523	0.510	0.497
2	0.655	0.639	0.623	0.607	0.591	0.575	0.559	0.542	0.526	0.510	0.494
3	0.591	0.581	0.570	0.560	0.549	0.539	0.529	0.518	0.508	0.497	0.487
4	0.920	0.921	0.922	0.923	0.924	0.925	0.926	0.927	0.928	0.929	0.930
5	0.542	0.530	0.517	0.505	0.492	0.480	0.467	0.455	0.442	0.430	0.417

Çizelge 2. WASPAS yöntemi ile farklı λ değerlerinde alt havzaların sıralanması

AH	$\lambda=0$	$\lambda=0.1$	$\lambda=0.2$	$\lambda=0.3$	$\lambda=0.4$	$\lambda=0.5$	$\lambda=0.6$	$\lambda=0.7$	$\lambda=0.8$	$\lambda=0.9$	$\lambda=1$
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

WASPAS yöntemi kullanılarak yapılan analiz kapsamında, beş alt havzaya ayrılan Derindere Havzası'nda toprak erozyonu risk düzeyleri belirlenmiştir. Nihai değerlendirmede lambda katsayısı 1.0 olarak kabul edilmiş ve elde edilen WASPAS skorları sırasıyla AH-4 için 0.930, AH-1 için 0.497, AH-2 için 0.494, AH-3 için 0.487 ve AH-5 için 0.417 olarak hesaplanmıştır. Sarkar ve Gayen (2024) tarafından önerilen sınıflandırma yaklaşımı doğrultusunda, bu skorlar erozyon risk gruplarına ayrılmıştır. Buna göre, yalnızca AH-4, 0.827–0.930 aralığına karşılık gelen "Çok Yüksek" risk sınıfında yer alırken, diğer dört alt havza 0.417–0.519 aralığında kalarak "Çok Düşük" risk kategorisine dâhil edilmiştir (Çizelge 3). Bu sonuçlar, AH-4 topoğrafik, morfometrik ve çevresel faktörler açısından erozyona karşı en duyarlı bölge olduğunu ve acil müdahale gerektiren bir alan olarak önceliklendirilmesi gerektiğini açıkça ortaya

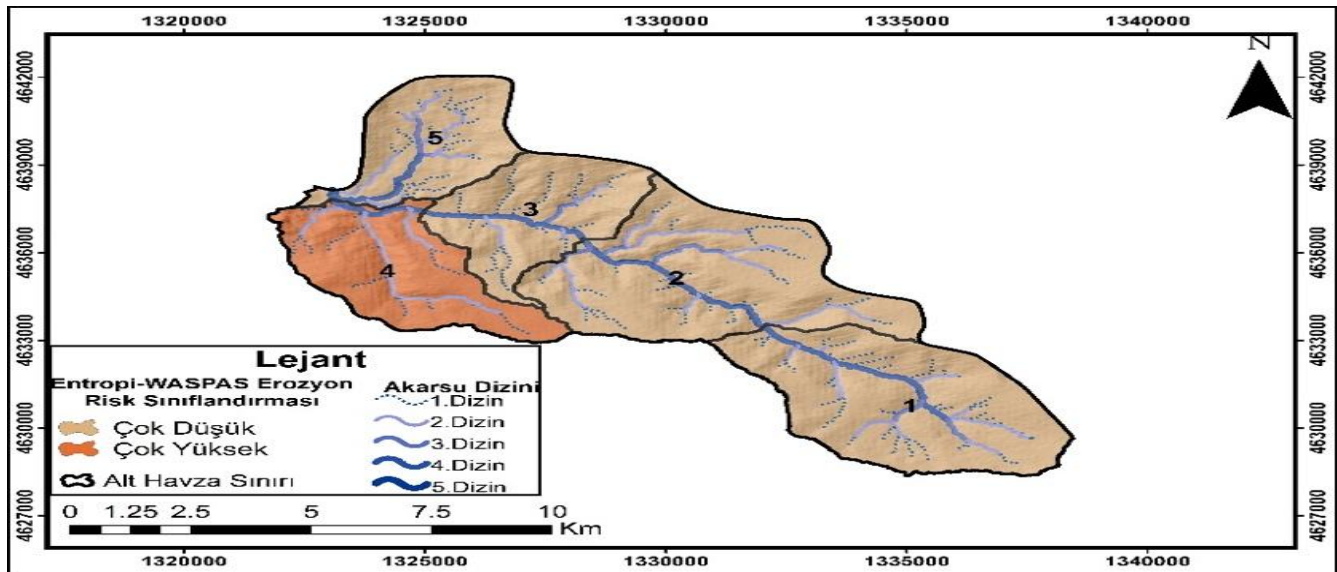
koymaktadır. Öte yandan, AH-1, AH-2, AH-3 ve AH-5 alt havzalarının görece düşük skorlar alması, bu alanların daha düşük erozyon riski taşıdığını, ancak izlenmeye devam edilmesi gereken potansiyel risk bölgeleri olduğunu göstermektedir. Bu tür çok kriterli sınıflandırmalar, sınırlı kaynakların etkin kullanımına olanak sağlamakta; öncelikli müdahale gerektiren alanların belirlenmesi ve sürdürülebilir havza yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine güçlü bir temel sağlamaktadır.

Çizelge 3. WASPAS metoduna göre erozyon risk sınıfları

Erozyon Risk Seviyesi	WASPAS Skoru
Çok Düşük	0.417–0.519
Düşük	0.519–0.622
Orta	0.622–0.724
Yüksek	0.724–0.827
Çok Yüksek	0.827–0.930

Bu sınıflandırma sonuçları, AH-4'ün erozyon riski bakımından en hassas alan olarak öncelikli müdahale gerektiren bir bölge olduğunu açık biçimde ortaya koymaktadır. Diğer alt havzalar ise görece daha düşük risk

düzeylerine sahip olup, izleme süreçlerine dâhil edilmesi ve orta vadeli havza yönetimi planları kapsamında değerlendirilmesi gereken alanlar olarak öne çıkmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Entropi-WASPAS erozyon risk sınıflandırması

Bu çalışmada, farklı λ senaryolarının uygulanması, yalnızca sabit bir karar modeline bağlı kalmaksızın, karar sürecine esneklik ve derinlik kazandıran bütüncül bir değerlendirme çerçevesi sunmuştur. λ katsayısının 0'dan 1'e kademeli olarak artırılmasıyla elde edilen skor değişimleri, alt havzaların özellikle çarpımsal hassasiyet bileşenlerine nasıl tepki verdiğini ortaya koymuş ve karar modeli bileşenleri arasındaki etkileşimlerin daha ayrıntılı biçimde değerlendirilmesine olanak tanımıştır. Bu yönüyle kullanılan yöntem, yalnızca mevcut erozyon durumunu nicel olarak ortaya koymakla kalmamış, aynı zamanda karar vericilere hangi alt havzaların öncelikli müdahale gerektirdiği, hangilerinin ise izlemeye alınarak uzun vadeli stratejilere dâhil edilmesi gerektiği konusunda da işlevsel bir rehberlik sunmuştur. Elde edilen bulgular, sınırlı kaynaklarla etkin planlama yapılabilmesi adına bölgesel düzeyde bilimsel temelli, güçlü bir karar destek mekanizması sağlayarak, sürdürülebilir havza yönetimi hedeflerine uygun uygulanabilir bir önceliklendirme yaklaşımı ortaya koymuştur.

Benzer şekilde, Sarkar ve Gayen (2024) tarafından Teesta Nehri Havzası'nda gerçekleştirilen çalışmada da WASPAS yöntemi kullanılarak alt havzalar erozyon duyarlılığına göre sınıflandırılmıştır. Söz konusu çalışmada, $\lambda=1$ değeri esas alınarak belirlenen eşik değerler aracılığıyla alt havzalar "çok düşük" ten "çok yüksek"e kadar beş risk sınıfına ayrılmıştır. Elde edilen sonuçlar, alt havzaların toprak erozyonuna karşı gösterdiği farklı duyarlılık düzeylerini yansıtarak, koruma önlemlerinin planlanmasına katkı sağlamıştır. Ayrıca, bazı alt havzaların mevcut durumda düşük risk profiline sahip olmasına rağmen, iklimsel koşullar ve arazi kullanımı gibi değişkenlerin zaman içinde bu risk düzeylerini etkileyebileceği vurgulanmış; bu nedenle bu bölgelerin düzenli olarak izlenmesi gerektiği önerilmiştir. Bulgular, karar vericilere erozyon riski yüksek olan alt havzaların belirlenmesi ve bu alanlarda öncelikli müdahale stratejilerinin geliştirilmesi konusunda yol gösterici bir çerçeve sağlamaktadır.

Benzer bir yaklaşım, Saouita ve ark. (2024) tarafından Tigrigra Havzası'nda gerçekleştirilen çalışmada da benimsenmiştir. Bu çalışmada, 26 alt havza için

hesaplanan WASPAS skorlarının 0.11 ile 0.47 arasında değiştiği ve bu değerlerin çoğunlukla "düşük" ve "orta" risk sınıflarında yoğunlaştığı belirlenmiştir. Bu durum, havzada yaygın ancak yoğunluğu görece düşük erozyon süreçlerinin egemen olduğunu göstermektedir. Bulgular, WASPAS gibi ÇKKV yaklaşımlarının, özellikle yayılı erozyon risklerinin belirlenmesinde ve müdahale önceliklerinin sıralanmasında güçlü bir yöntemsel araç olduğunu göstermektedir. Bu yöntemlerin, havza ölçeğinde yürütülen risk analizleri ile stratejik planlama süreçlerinde güvenilir ve sistematik bir karar destek aracı sağladığı görülmektedir.

Akay ve ark. (2023) tarafından Türkiye genelinde yürütülen çalışmada, Entropi tabanlı WASPAS yöntemi ile bulanık kümeleme analizleriyle entegre edilmiştir. Böylelikle ormancılık faaliyetlerinin ve iklimsel değişkenlerin sediment üretimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Söz konusu çalışmada, özellikle odun üretimi ve orman yolu inşaatı gibi insan kaynaklı müdahalelerin sediment riskini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Entropi temelli ağırlıklandırma yöntemi sayesinde karar süreci nesnelleştirilmiş; WASPAS yöntemi ile sediment riskinin il düzeyinde detaylı biçimde haritalandığı belirtilmiştir. Bu çalışma, ÇKKV yaklaşımlarının çevresel risk analizlerinde yüksek çözünürlükte ve çok boyutlu değerlendirme olanağı sunduğunu göstermiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile elde edilen bulgular hem yöntemsel yaklaşım hem de pratik uygulama açısından literatürdeki benzer araştırmalarla uyumlu bir çerçeve sunmakta ve Entropi-WASPAS temelli analizlerin havza yönetimi, doğal kaynak planlaması ve çevresel risk değerlendirmelerinde etkili, uygulanabilir araçlar olduğunu göstermektedir.

Çalışmada kullanılan Entropi-WASPAS tabanlı yöntem, veri girişi açısından esnek bir yapıya sahip olup farklı havzalara kolaylıkla uyarlanabilir. Bununla birlikte, yöntemin güvenilirliği kullanılan parametrelerin doğruluğu ve temsil gücü ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle yüksek çözünürlüklü DEM verileri, doğru akarsu ağı çıkarımı ve hassas morfometrik hesaplamalar modelin başarısı için kritik öneme sahiptir. Dolayısıyla, yöntem

farklı havzalara uygulanabilir; ancak veri duyarlılığı ve doğruluğu model performansını önemli ölçüde etkilemektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Derindere Havzası'nın morfometrik özellikleri ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Beş alt havza toprak erozyonu riski bakımından, nesnel ağırlıklandırma temelli Entropi yöntemiyle belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak ÇKKV yaklaşımlarından biri olan WASPAS yöntemi ile önceliklendirilmiştir. Özellikle çatallanma oranı (Rb) ve akarsu uzunluk oranı (RI) gibi yüksek ağırlık değerleri, havzada yüzeysel akışın hızlandığını ve buna bağlı olarak erozyon riskinin arttığını göstermektedir. Benzer şekilde, bağıl rölyef (Rhp) ve engebelilik indeksi (Rn), yüksek eğimli alt havzalarda erozyon duyarlılığının belirgin biçimde arttığını ortaya koymuştur.

Entropi-WASPAS analizleri sonucunda, AH-4 "Çok Yüksek" erozyon riski taşıyan bölge olarak tanımlanmış, diğer alt havzalar ise "Çok Düşük" risk grubunda sınıflandırılmıştır. Bu önceliklendirme, havza yönetimi açısından etkili bir karar destek aracı olarak değerlendirilmelidir. Çünkü erozyonun kontrol altına alınması, yalnızca toprak kayıplarının azaltılmasıyla sınırlı kalmayıp; su kalitesinin korunması, sediment taşınımının azaltılması ve hidrolojik denge süreçlerinin sürdürülebilirliği açısından da kritik bir rol oynamaktadır. AH-4 gibi yüksek erozyon riskli alt havzalarda doğal bitki örtüsünün korunması ve iyileştirilmesi, erozyon kontrolünde öncelikli bir strateji olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca, sürdürülebilir havza yönetimi kapsamında, öncelikli alt havzalarda uygulanacak erozyon kontrol önlemleri ve ekosistemleri koruma çalışmaları, yerel halkın yaşam kalitesinin korunmasına, tarımsal üretkenliğin sürdürülebilirliğine ve bölgesel su kaynaklarının güvenliğine doğrudan katkı sağlayacaktır. Bu nedenle, karar vericilerin sınırlı kaynakları etkin kullanabilmesi için bilimsel ve nesnel kriterlere dayalı önceliklendirme yaklaşımlarını benimsemeleri gerekmektedir. Çalışmada kullanılan λ parametresi ile yapılan duyarlılık analizleri, karar modelinin esnekliğini ve güvenilirliğini artırmış; farklı senaryolar altında risk sınıflarının tutarlılığını göstermiştir.

Gelecekteki çalışmalarda, morfometrik analizlere ek olarak arazi kullanımı değişimleri, iklim senaryoları ve antropojenik etkilerin de entegre edildiği çok boyutlu karar destek modellerinin geliştirilmesi, havza yönetiminde etkinlik ve karar doğruluğunu güçlendirecektir. Bu bağlamda, orman ekosistemlerinin erozyon kontrolü ve su kalitesi üzerindeki stratejik rolü dikkate alınmalı; alan bazlı koruma ve rehabilitasyon programları geliştirilerek halkın katılımı ve çevresel farkındalık düzeyi artırılmalıdır. Bununla birlikte, erozyonun önlenmesi yalnızca orman ekosistemleriyle sınırlı değildir; iyi yönetilen meralar ve sürdürülebilir tarım uygulamaları da toprak kaybının azaltılmasında önemli katkılar sağlamaktadır. Dolayısıyla, havza ölçeğinde tüm alanların ormanlaştırılmasının her zaman mümkün ya da ekolojik açıdan uygun olmadığı gerçeği dikkate alındığında, doğal ekosistemlerin ve mevcut bitki örtüsünün korunması ile iyileştirilmesine dayalı bütüncül yaklaşımlar, erozyon kontrolünde daha kapsayıcı ve sürdürülebilir stratejiler sunmaktadır. Böylece, ekolojik sürdürülebilirlik ile sosyoekonomik dayanıklılık hedefleri eşzamanlı olarak desteklenebilecektir.

Bu çalışmanın temel sınırlılığı, yalnızca morfometrik parametrelere dayalı bir değerlendirme sunmasıdır. Arazi kullanımı ve örtüsündeki değişimler, yağış rejimi ve toprak özellikleri gibi faktörler modele dâhil edilmemiştir. Ayrıca, havza içindeki antropojenik etkiler (ör. tarım faaliyetleri, yol inşaatları, otlatma yoğunluğu) dikkate alınmamıştır. Bu durum, modelin farklı ekolojik ve sosyo-ekonomik koşullara sahip havzalara doğrudan genellenebilirliğini sınırlandırabilir. İleride yapılacak çalışmalarda bu faktörlerin entegre edilmesi, daha kapsamlı ve gerçekçi sonuçların elde edilmesine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, Entropi tabanlı WASPAS yaklaşımı ile yürütülen bu çalışma, doğal kaynakların korunması ve çevresel risklerin yönetimi bağlamında bilimsel temelli, nesnel ve uygulanabilir bir değerlendirme ve önceliklendirme modeli sunmuştur. Elde edilen bulgular, ÇKKV yöntemlerinin havza ölçeğinde uygulanabilirliğini ve karar vericiler için güçlü bir destek aracı niteliği taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Akay AO, Şentürk E, Akgül M, Demir M (2023) Spatial assessment of sediment risk with integrated entropy-based WASPAS and fuzzy clustering methods in Turkey: impact of forestry activities and meteorological factors. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(10):1201. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11762-0>
- Akbar AQ, Mitani Y, Nakanishi R, Djameluddin I, Sugahara T (2024) Impact assessment of Digital Elevation Model (DEM) resolution on drainage system extraction and the evaluation of mass movement hazards in the upper catchment. *Geosciences*, 14(8):223. <https://doi.org/10.3390/geosciences14080223>
- Basavareddy Ayyanagowdar MS, Desai S, Satishkumar U, Reddy GS, Kumar M, Kumar P (2025) Multi-Criteria approach for watershed prioritization using morphometry, hypsometric, and erosion analysis in the Mandovi River Basin of the Western Coast of India. *Water Conservation Science and Engineering*, 10(2): 47. <https://doi.org/10.1007/s41101-025-00373-0>
- Chen P (2019) Effects of normalization on the entropy-based TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 136:33–41. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.06.035>
- ÇŞİDM (2024) Ardahan ili 2023 Yılı Çevre Durum Raporu. Türkiye Cumhuriyeti Ardahan Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/ardahan_-cdr2023-20241230141207.pdf, Erişim tarihi: 11.06.2025.
- Dede V, Zorlu K (2023) Geoheritage assessment with entropy-based WASPAS approach: an analysis on Karçal Mountains (Turkey). *Geoheritage*, 15(1):5. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00777-7>
- Dede V (2023) Ardahan iline ait bazı temel coğrafi özelliklerin ve arazi-toprak verilerinin coğrafi bilgi sistemleri ile değerlendirilmesi (Kuzeydoğu Anadolu). *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 11(2): 82-98. <https://doi.org/10.33409/tbbbd.1373909>
- Demir S, Dursun İ (2024) Assessment of pre- and post-fire erosion using the RUSLE equation in a watershed affected by the forest fire on Google Earth Engine: The study of Manavgat River Basin. *Natural Hazards*, 120(3):2499–2527. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06291-5>
- Dursun İ, Babalık AA (2023a) Burdur Gölü Havzasındaki morfometrik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 24(1):25–38. <https://doi.org/10.18182/tjf.1205157>
- Dursun İ, Babalık AA (2023b) Burdur Gölü Havzasına Ait Bir Alt Havzada GeoWEPP ve Geotekstil Yöntemi Kullanılarak Erozyon Durumunun Belirlenmesi. Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde İleri ve Çağdaş Çalışmalar, Publisher: Duvar Yayınları.
- Dursun İ (2025) An integrated analytical approach to sub-watershed prioritization and erosion risk assessment in the Salda Lake Basin, Türkiye. *Environmental Earth Sciences*, 84(15):428. <https://doi.org/10.1007/s12665-025-12434-7>
- Dursun İ, Demir S, Başayığıt L, Babalık AA (2025) Post-fire erosion dynamics in the Dim River Basin: a remote sensing and Google Earth Engine approach. *Fire Ecology*, 21(1): 47. <https://doi.org/10.1186/s42408-025-00363-6>
- Dutal H (2022) Determination of the impact of forest fires on soil erosion risk by using the icona model: a case study of Ayvalı dam watershed. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(2): 510-538. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1167356>
- Ediş S, Aytaş İ, Özcan AU (2021) ICONA modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: Meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası Örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(1): 15-22. <https://doi.org/10.53516/ajfr.948519>
- Ediş S, Timur ÖB, Tuttu G, Aytaş İ, Göl C, Özcan AU (2023) Assessing the impact of engineering measures and vegetation restoration on soil erosion: a case study in Osmanlık, Türkiye. *Sustainability*, 15(15):12001. <https://doi.org/10.3390/su151512001>
- ESRI (Environmental Systems Research Institute) (2004) Getting started with ArcGIS (Vol. 265). Redlands: Environmental Systems Research Institute Inc.
- Gelagay HS, Minale AS (2016) Soil loss estimation using GIS and remote sensing techniques: a case of Koga watershed, Northwestern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(2): 126-136. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.01.002>
- Goswami SS, Behera DK (2021) Implementation of Entropy-Aras decision making methodology in the selection of best engineering materials. *Materials Today: Proceedings*, 38:2256-2262. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.320>
- Kaya G (2005) Posof Çayı Havzası'nda yerleşmeler. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(1):71-96.
- Koçman A (1979) Yukarı Kura Nehri Havzası'nın fiziksel coğrafyası. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Öztürk D (2009) Risk analizi, CBS tabanlı çok ölçütlü karar analizi yöntemleri ile sel ve taşkın duyarlılığının belirlenmesi: Güney Marmara Havzası örneği. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pamukoğlu Y, Babalık AA, Dursun İ (2023) An Assessment of Climate Change And Carbon Management. In N.Y. Bozdoğan & A.M. Bozdoğan (Eds.), *Academic Research and Reviews in Agriculture, Forestry and Aquaculture Sciences*, pp.284-297. Ankara: Platanus Publishing.
- Pan S, Dey S, Yadav V, Biswas R (2025) Prioritizing sub-watersheds for soil and water resource conservation using multi-analytical approaches: a study of Shilabati River Basin, WB, India. *Journal of Water and Climate Change*, (jwc2025633). <https://doi.org/10.2166/wcc.2025.633>
- Rocha J, Duarte A, Fabres S, Quintela A, Serpa D (2022) Influence of DEM resolution on the hydrological responses of a terraced catchment: an exploratory modelling approach. *Remote Sensing*, 15(1):169. <https://doi.org/10.3390/rs15010169>
- Salvi S, Tiwari H, Bobade S (2025) Morphometric evaluation of Manjara watershed, Latur district, Maharashtra, India: a GIS approach. *Innovative Infrastructure Solutions*, 10(3):106. <https://doi.org/10.1007/s41062-025-01862-w>
- Saouita J, El-Hmadi A, Ousmana H, Aouragh MH, Iallamen Z, Boufala MH, Ragragui H, Kasse Z, El Ouali A, Jaddi H (2024) Use of Geomatics and Multi-Criteria Methods to Assess Water Erosion in the Tigriga Watershed (Azrou Region, Morocco). In: *BIO Web of Conferences*, 115:01007. EDP Sciences.
- Sarkar P, Kumar P, Vishwakarma DK, Ashok A, Elbeltagi A, Gupta S, Kuriqi A (2022) Watershed prioritization using morphometric analysis by MCDM approaches. *Ecological Informatics*, 70:101763. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101763>
- Sarkar P, Gayen SK (2024) Application of Entropy-AHP and WASPAS methods for prioritizing the sub watersheds of Teesta River basin in terms of soil erosion susceptibility. *Discover Environment*, 2(1):135. <https://doi.org/10.1007/s44274-024-00163-w>
- Shannon CE (1948) A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27: 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>

- Shekar PR, Mathew A, Hasher FFB, Mehmood K, Zhran M (2025) Towards sustainable development: ranking of soil erosion-prone areas using morphometric analysis and multi-criteria decision-making techniques. *Sustainability*, 17(5):2124. <https://doi.org/10.3390/su17052124>
- Singh MC, Yousuf A, Prasad V (2021) Morphometric and principal component analysis-based prioritization of reservoir catchments using geospatial techniques for land and water conservation aspects in North-West India. *Arabian Journal of Geosciences*, 14:1-22. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06822-z>
- Strahler AN (1964) Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. In: Handbook of Applied Hydrology (Ed: Chow, V.), McGraw Hill, New York, pp. 9-76.
- Tsallis C (2022) Entropy. *Encyclopedia*, 2(1):264-300. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010018>
- Weslati O, Serbaji MM (2024) Spatial assessment of soil erosion by water using RUSLE model, remote sensing and GIS: a case study of Mellegue watershed, Algeria-Tunisia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(1):14. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-12163-z>
- Yüksel EE, Özalp M, Yıldırım S (2016) Using a geospatial interface (Geowepp) to predict soil loss, runoff and sediment yield of Kokolet Creek watershed. *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES)*, 6(3):437-442.
- Zavadskas EK, Turskis Z, Antucheviciene J, Zakarevicius A (2012) Optimization of weighted aggregated sum product assessment. *Elektronika Ir Elektrotechnika*, 122(6):3-6. <https://doi.org/10.5755/j01.eee.122.6.1810>

Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Peyzaj Projelerinin Algılanabilirliğine Etkisi

The Effect of Augmented Reality Technology on the Perceptibility of Landscape Projects

Recep ÖZMİSİR*¹, Hakan DOYGUN¹

¹İzmir Demokrasi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı, İzmir, Merkez

Eser bilgisi / Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1729231

*Sorumlu yazar / Corresponding author

Recep ÖZMİSİR

e-mail: recep.ozmisir@idu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

30.06.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

19.09.2025

Kabul tarihi / Accepted

20.09.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Artırılmış gerçeklik

Peyzaj tasarımı

Üç boyutlu modelleme

Keywords:

Augmented reality

Landscape design

Three dimension modelling

Özet

Artırılmış gerçeklik (AG) teknolojinin peyzaj tasarım projelerinde kullanıcıların mekânsal algı ve görsel değerlendirme süreçlerine etkisi giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, AG uygulaması ile geleneksel render görsellerin peyzaj tasarımında görsel algı kriterleri bağlamında karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir. Araştırma kapsamında, örnek bir kış bahçesi tasarımı hem render görseller hem de mobil AG uygulaması ile sunulmuş; İzmir Demokrasi Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nden 30 lisans öğrencisi tarafından deneyimlenmiştir. Katılımcılar, algılanabilirlik, detay ve netlik, perspektif ve derinlik, gerçekçilik ile görsel çekicilik ve estetik gibi görsel algı kriterleri doğrultusunda anket formunu doldurmuştur. Toplanan veriler parametrik olmayan Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile analiz edilmiştir. Bulgular, AG uygulamasının özellikle detay, derinlik ve estetik kriterlerinde render görsellere kıyasla anlamlı üstünlük sağladığını göstermiştir. Sonuç olarak, AG teknolojisi peyzaj tasarımında kullanıcı etkileşimini ve mekânsal farkındalığı artırarak, değerlendirme süreçlerinde etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Abstract

The impact of Augmented Reality (AR) technology on users' spatial perception and visual evaluation processes in landscape design projects is gaining increasing significance. The aim of this study is to comparatively evaluate an AR application and conventional render images in the context of visual perception criteria in landscape design. Within the scope of the research, a sample winter garden design was presented both through render images and a mobile AR application, and experienced by 30 undergraduate students from the Department of Landscape Architecture at Izmir Democracy University. Participants completed a questionnaire based on visual perception criteria, including perceptibility, detail and clarity, perspective and depth, realism, and visual appeal and aesthetics. The collected data were analyzed using the non-parametric Wilcoxon Signed-Rank Test. The findings revealed that the AR application demonstrated a statistically significant advantage over render images, particularly in the criteria of detail, depth, and aesthetics. In conclusion, AR technology emerges as an effective tool in landscape design evaluation processes by enhancing user interaction and spatial awareness.

GİRİŞ

Peyzaj Mimarlığı meslek disiplini fonksiyonel, estetik ve ekolojik işlevleri ön planda tutan tasarımlar yaparak kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda sosyal, kültürel ve çevresel sonuçlara ulaşmak için çevrenin fiziksel, işlevsel ve estetik açıdan düzenlemesini sağlamaktadır (Vroom 2006). Peyzaj projelerinde kullanıcı beklentilerine cevap veren projeler tasarım ilkeleri ile yaratılmakta ve yaşam kalitesini artırmayı hedeflemektedir. (Şişman 2008). Modern teknolojilerin bu süreçlere entegrasyonu, tasarım yaklaşımlarını geliştirme potansiyeline sahiptir.

Artırılmış Gerçeklik (AG) teknolojisi peyzaj tasarım çalışmalarının her alanında yaygın olarak kullanıma potansiyeli barındırmakla birlikte pratik destek sağlayacağı değerlendirilmektedir (Aksu ve Ercoşkun

2022). Peyzaj tasarımı sürecinin AG teknolojileriyle yeniden değerlendirilmesi, modern tasarım yaklaşımlarında devrim niteliğinde bir değişim sunma potansiyeli barındırmaktadır (Kerr ve Lawson 2020). AG teknolojisi katılımcıya güçlü bir görsel algı ve mekânsal farkındalık sağlamakla beraber gerçek dünya koşulları ile sanal tasarım önerilerinin eş zamanlı entegrasyonunu mümkün kılmaktadır (Kent ve ark. 2021). Bu sayede AG, tasarım ekiplerinin katılımcı paydaşlar ile beraber projeyi mekânsal simülasyonlar, kullanıcı deneyimi testleri ve anlık geri bildirimler ışığında optimize etmesine olanak tanımaktadır (Xu ve ark. 2015). Tasarımın estetik ve işlevsel doğruluk payı artırılarak, peyzaj tasarım projelerinin sürdürülebilirlik, uygulanabilirlik ve kullanıcı memnuniyeti kriterlerine uyumu en üst düzeye çıkarılması hedeflenmektedir (Hunter ve ark. 2021).

Ayrıca, ilgili teknolojiler tasarım ekibinin çalışma süresini ve iş baskısını önemli ölçüde azaltma potansiyeli barındırmaktadır. Tasarım ekibinin hayal gücünü farklı perspektifler kazandırarak harekete geçiren AG teknolojisi belirlenen sorunlara daha iyi çözümler sunabilir (Morosi ve ark. 2018, Demir ve ark. 2022).

Peyzaj Mimarlığı alanında dijital tasarım yöntemleri ve teknolojilerinin tasarım ve planlama süreçlerinde faydalı olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Ancak bu teknolojilerin saha uygulamalarındaki pratik potansiyelleri, hâlâ yeterince değerlendirilmemekte ve sınırlı bir ölçekte kullanılmaktadır. Örneğin, AG uygulamalarının mekânsal algıyı güçlendirdiği ve tasarım kararlarını görselleştirmede önemli avantajlar sağladığı belirtilmesine rağmen uygulama sürecinde donanım, yazılım entegrasyonu ve kullanıcı eğitimi gibi konular, bu teknolojilerin yaygınlaşmasının önünde engel teşkil etmektedir. Bu durum, dijital yöntemlerin saha uygulamalarında daha etkin kullanımını sağlamak için disiplinler arası iş birliği, kapsamlı eğitim programları ve teknolojiye erişimin artırılmasına yönelik stratejik yaklaşımların geliştirilmesini gerektirmektedir (Liu 2020).

Peyzaj tasarım projelerinde AG gibi dijital yöntemlerin bilinirliğini artırmak ve bu teknolojilerin potansiyelini ortaya koymak amacıyla, somut uygulamaların geliştirilmesi ve güncel teknolojilere uyum sağlanması gerekliliği değerlendirilmiştir. Bu bağlamda çalışmanın temel amacı, AG teknolojisinin somut uygulama geliştirerek yaygın olarak kullanılan render görsellere kıyasla etkilerinin istatistiksel olarak analiz edilmesidir. Yapılan değerlendirmeden hareketle peyzaj tasarım projelerinin görsel açıdan farklı perspektifler kazandırılarak güçlendirilmiş bir deneyim ile daha etkili bir şekilde sunulması hedeflenmiştir.

Bu amaç doğrultusunda, yapılan kapsamlı literatür taramaları ve analizler, AG teknolojisinin peyzaj tasarım projelerinde kullanım potansiyelini ve bu teknolojinin mevcut uygulama süreçlerine entegre edilebilirliğini ortaya koymayı hedeflemektedir. Özellikle AG teknolojisinin, kullanıcıların peyzaj projelerini algılama biçimlerine olan etkisini, mekânsal algı ve kullanıcı deneyimi gibi farklı konularda somut verilerle

destekleyerek incelemek, çalışmanın özgün niteliğini ve akademik katkısını güçlendirmektedir. Sonuç olarak, AG'nin Peyzaj Mimarlığı projelerindeki uygulama potansiyelinin keşfi ve bu doğrultuda geliştirilen somut uygulamaların etkilerinin analiz edilmesi, bu çalışmayı literatürdeki benzerlerinden ayıran temel unsurlar arasında yer almaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma peyzaj tasarımında render görseller ve AG deneyimi arasındaki farkların değerlendirilmesine olanak tanıyacak biçimde kurgulanmıştır. Bu doğrultuda çalışma evrenini peyzaj mimarlığı lisans öğrencileri oluşturmuştur. Araştırmada örnek bir kış bahçesi tasarlanarak, render görseller ve AG uygulaması oluşturulmuştur. Ardından tasarımın render görseller ve AG deneyimi arasındaki nitelik farklarına ait veriler anket formu ile toplanmıştır.

Materyal

Araştırma materyallerini;

- Örnek kış bahçesi modellemesinde kullanılan SketchUP ve Lumion programı öğrenci sürümleri,
- AG uygulaması geliştirmede kullanılan Unity oyun geliştirme platformu ve Vuforia yazılım geliştirme kiti,
- Uygulamanın deneyimlenmesinde kullanılan Samsung Galaxy S9 FE model tablet bilgisayar,
- Toplanan verilerin analizinde kullanılan SPSS programı olarak sıralamak mümkündür.

Yöntem

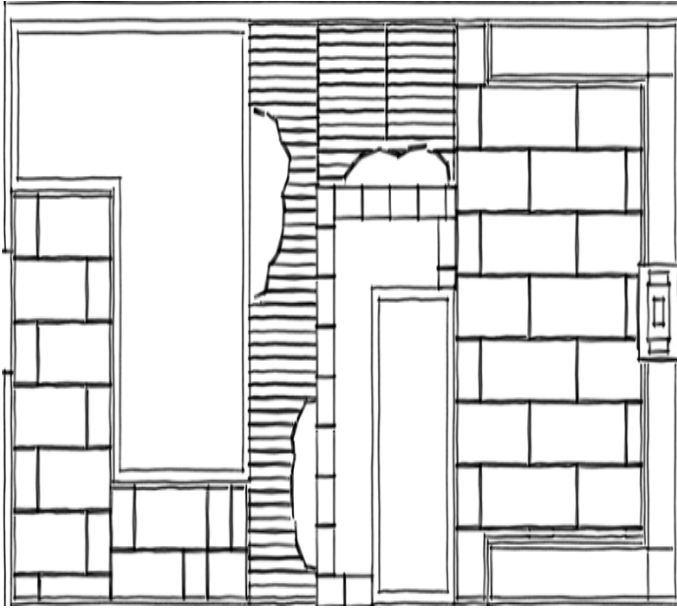
Araştırma Deseni

Araştırmada nicel desenler içinde yer alan tek grup karşılaştırmalı desen (one-group pretest-posttest design) kullanılmıştır. Tek grup karşılaştırmalı desen, aynı örneklem grubunun birden fazla uygulamayı değerlendirerek karşılaştırma yaptığı, bağımsız değişkenlerin etkilerinin incelendiği bir deneysel yöntemdir (Creswell 2014). Tek grup karşılaştırmalı desen, farklı uygulamaların aynı örneklem üzerinde yarattığı etkilerin analiz edilmesi açısından bu

araştırmanın amacına en uygun desen olarak değerlendirilmiştir (Cohen 2002).

Kış Bahçesi

Mekânsal algının anlaşılabilmesi için kapalı bir mekân olacak şekilde kış bahçesi konseptinde örnek bir peyzaj tasarım çalışması gerçekleştirilmiştir. 5 m x 10 m boyutlarına sahip kış bahçesinde iç mekân bitkileri, insan ve su öğeleri kullanılmış ve farklı türden materyallerin bir arada kullanılması ile tasarımda çeşitliliğinin artırılması hedeflenmiştir. Tasarımın biçimsel estetik kompozisyonunda parça-bütün ilişkisi gestalt teoremi kapsamında tasarım ilkeleriyle sağlanmaya çalışılmıştır (Zülkadiroğlu ve Doygun 2016, Yılmaz ve ark. 2019, Hassamancıoğlu ve ark. 2025). Üç boyutlu model oluşturulurken, mobil uygulamanın cihazda akıcı bir şekilde çalışabilmesi için yüzey sayısı ve veri yükü düşük tutulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Kış bahçesi planı (Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Render Görsel

Araştırmada render görsel ve AG uygulamasında sunulmak üzere iki farklı üç boyutlu model oluşturulmuştur. Aşağıda sunulan render görseller, yapısal modellemeleri tamamlandıktan sonra, kaplamalar ve bitkisel materyallerin eklenmesi ile son halini almıştır.

Işık efektleri ve fotoğraf iyileştirmeleri yapılarak, görsel estetik değeri yüksek render görseller oluşturulması hedeflenmiştir.



Şekil 2. Kış bahçesi render görseller (Yazarlar tarafından üretilmiştir)

AG Uygulaması

Araştırma kapsamında kış bahçesi tasarımının AG ortamında deneyimlenebilmesi için uygulama geliştirilmiştir. Uygulama Unity oyun motoru platformunda üretilmiştir. 3 boyutlu olarak modellenen peyzaj tasarım projesi platformun içerisine “.fbx” formatında entegre edilmiştir. Mobil uygulama içerisinde deneyimlenen modelde kullanılan materyaller Unity Asset Store kütüphanesinden entegre edilmiştir. Ardından Vuforia yazılım kiti desteği ile Android platformuna “.apk” uzantılı AG mobil uygulaması üretilmiştir. AG uygulamasında yer düzlemi tespiti (ground plane detection) özelliği kullanılarak, kış bahçesi modelinin gerçek dünya üzerinde bir yüzeye oturtulmuştur. Bu sayede fiziksel gerçek dünya ile sanal model üst üste gelerek aynı anda deneyimlenebilmiştir. Mobil uygulama üretim sürecinde tasarım ve geliştirme

aşamaları birbirini besleyen süreçler olması nedeniyle döngü şeklinde beraber çalışılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. AG mobil uygulama tasarım ve geliştirme aşaması (Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Tasarım aşamasından elde edilen uygulamanın geliştirme aşamasında pilot çalışmalar ile eksik yönleri değerlendirildikten sonra tekrar tasarım sürecine girip eksiklerinin giderilmesi sağlanmıştır. AG uygulaması İzmir Demokrasi Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencilerine deneyimletilerek pilot çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Geri beslemeler doğrultusunda, Unity içerisinde peyzaj tasarım projesi organik modellemeler ve kaplamalar ile detaylandırılarak, mobil cihaz optimizasyonu imkân sağladığı ölçüde gerçekçilik artırılmıştır. Mobil uygulama içerisinden alınan ekran görüntüleri Şekil 4’de sunulmuştur.



Şekil 4. AG uygulaması ekran görüntüleri (Yazarlar tarafından üretilmiştir)

Örneklem Grubu

Çalışma evreni olan Peyzaj Mimarlığı Lisans Programına kayıtlı öğrencilerden rastgele seçilen 30 katılımcı örneklem grubunu oluşturmaktadır. Örneklem, peyzaj tasarım projelerinin paydaşlara aktarılmasında AG teknolojisini ve üç boyutlu render görsel ortamının karşılaştırmalı bir değerlendirmesinin yapılabilmesi ile seçilmiştir. Çalışma evrenini lisans öğrencilerinin oluşturma nedeni, peyzaj tasarım projeleri üzerinde hem teorik bilgiye hem de uygulamalı deneyimlere sahip olmalarıdır.

Örneklem büyüklüğü olan 30 kişilik katılımcı sayısı, literatürde küçük örneklerle yürütülen görsel kalite ve kullanıcı algısı çalışmaları bağlamında yeterli ve anlamlı bir büyüklük olarak kabul edilmektedir (Creswell 2014). Ayrıca, deneysel araştırmalarda bu büyüklük, etkili istatistiksel analizlerin gerçekleştirilmesi için uygun bir minimum sınır olarak görülmektedir (Field 2013). Rastgele örnekleme yöntemi kullanılarak katılımcıların seçilmesi ile yanlılık ihtimalini azaltmak ve sonuçların genellenebilirliğini artırmak hedeflenmiştir.

Anket Formu

Peyzaj tasarımının ana bileşenleri olarak ifade edilen bitki materyali, su ögesi, konstrüksiyon elemanları gibi unsurların (Waterman 2015) AG ve render ortamlarında kullanıcılar tarafından görsel algı kriterleri çerçevesinde (Bell 2012) karşılaştırmalı bir biçimde değerlendirilebilmesi amacıyla 21 ifadeden oluşan bir anket formu oluşturulmuştur (Çizelge 1). Görsel algı kriterleri, algılanabilirlik, detay ve netlik, perspektif ve derinlik, gerçekçilik ile görsel çekicilik ve estetik gibi peyzaj bileşenlerinin mekânsal deneyimini şekillendiren temel unsurları içermektedir (Misthos ve ark. 2023). Bu kriterler, kullanıcı deneyimi ve etkileşiminde önemli bir rol oynadığından, peyzaj bileşenlerinin algılanmasındaki farklılıkları incelemek için etkili bir çerçeve sunmaktadır (Clay ve Smidt 2004, Tveit ve ark. 2006).

Anket formunda farklı maddelerin tutarlılığı ve ölçeğin güvenilirliğini sağlama amacıyla SPSS programında Cronbach Alfa testi kullanılmıştır. Cronbach Alfa testi, sosyal bilimlerde ve özellikle anket temelli çalışmalarda

yaygın olarak kullanılan ve literatürde geçerliliği kabul edilmiş bir yöntemdir (Gliem ve Gliem 2003). Peyzaj Mimarlığı alanında görev yapan konu uzmanı

akademisyen görüşleri alınarak anket formu son halini almıştır.

Çizelge 1. Anket formu

Kış Bahçesi Değerlendirme Kriterleri		PUANLAMA				
		Çok Az	Az	Orta	İyi	Çok İyi
		1	2	3	4	5
GENEL GÖRÜNÜM						
Algılanabilirlik	AG					
Tasarımın algılanabilirliği ve etkileşime girilebilme düzeyi	Render					
Detay ve netlik	AG					
Detayların net ve anlaşılır olma düzeyi	Render					
Perspektif ve derinlik	AG					
Tasarımda derinlik algısının hissedilebilme düzeyi	Render					
Gerçekçilik	AG					
Tasarımın gerçekçi görülebilme düzeyi	Render					
Görsel çekicilik ve estetik	AG					
Tasarımın estetik ve çekici görülme düzeyi	Render					
BITKİ MATERYALI						
		1	2	3	4	5
Algılanabilirlik	AG					
Tasarımın algılanabilirliği ve etkileşime girilebilme düzeyi	Render					
Detay ve netlik	AG					
Detayların net ve anlaşılır olma düzeyi	Render					
Perspektif ve derinlik	AG					
Tasarımda derinlik algısının hissedilebilme düzeyi	Render					
Gerçekçilik	AG					
Tasarımın gerçekçi görülebilme düzeyi	Render					
Görsel çekicilik ve estetik	AG					
Tasarımın estetik ve çekici görülme düzeyi	Render					
SU ÖGESİ						
		1	2	3	4	5
Algılanabilirlik	AG					
Tasarımın algılanabilirliği ve etkileşime girilebilme düzeyi	Render					
Detay ve netlik	AG					
Detayların net ve anlaşılır olma düzeyi	Render					
Perspektif ve derinlik	AG					
Tasarımda derinlik algısının hissedilebilme düzeyi	Render					
Gerçekçilik	AG					
Tasarımın gerçekçi görülebilme düzeyi	Render					
Görsel çekicilik ve estetik	AG					
Tasarımın estetik ve çekici görülme düzeyi	Render					
KONSTRÜKSİYON ELEMANLARI						
		1	2	3	4	5
Algılanabilirlik	AG					
Tasarımın algılanabilirliği ve etkileşime girilebilme düzeyi	Render					
Detay ve netlik	AG					
Detayların net ve anlaşılır olma düzeyi	Render					
Perspektif ve derinlik	AG					
Tasarımda derinlik algısının hissedilebilme düzeyi	Render					
Gerçekçilik	AG					
Tasarımın gerçekçi görülebilme düzeyi	Render					
Görsel çekicilik ve estetik	AG					
Tasarımın estetik ve çekici görülme düzeyi	Render					
KONSEPT						
		1	2	3	4	5
Tasarımın konseptinin ve ana fikrinin anlaşılma düzeyi	AG Render					

Saha Çalışması

Belirlenen örneklem grubu ile sahada bir öğrenci uygulaması gerçekleştirilmiştir. Örneklem grubuna verilerin sunulmasında tablet bilgisayar kullanılmıştır. Bu kapsamda kullanıcıya ilk olarak kış bahçesi tasarımının render görselleri sunulmuş, ardından AG uygulaması deneyimletilmiştir. Kullanıcıların render görselleri gözlemlemesi ve AG uygulamasını deneyimlemesi bittikten sonra anket formu ile veriler toplanmıştır. Katılımcılara ait görseller, kişisel veri ve gizlilik ilkeleri gereği çalışmaya dahil edilmemiştir.

Veri Toplama ve Analizi

Katılımcıların her iki yönetime ilişkin algıları ve geri bildirimleri, anketler aracılığıyla toplanmıştır. Toplanan veriler, AG ve render görsellerinin peyzaj bileşenlerinin algılanmasındaki etkilerini karşılaştırmak amacıyla istatistiksel analizlere tabi tutulmuştur. Toplanan verilerin parametrik test varsayımlarını sağlayıp sağlamadığı belirlenebilmesi için AG seçeneği ve Render seçenekleri için SPSS programında Shapiro-Wilk normallik testleri uygulanmıştır. Shapiro-Wilk testi, küçük ve orta büyüklükteki örneklem gruplarının normal dağılım gösterip göstermediğini test etmek için yaygın olarak kullanılan bir istatistiksel normallik testidir (Shapiro ve Wilk 1965, Razali ve Wah 2011).

Verilerin normal dağılım göstermemesi durumunda, parametrik testlerin varsayımlarını karşılamayan durumlarda non-parametrik yöntemler tercih edilir. Bu bağlamda, Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi kullanılmıştır (Wilcoxon 1945, Conover 1999, Hollander ve Wolfe 1999). Wilcoxon testi, aynı grup bireylerinden elde edilen iki farklı ölçüm arasında anlamlı bir fark olup olmadığını değerlendirmek için kullanılan parametrik olmayan bir istatistiksel testtir. Bu yöntem, verilerin normal dağılıma uymadığı durumlarda veya küçük örneklem gruplarıyla çalışırken tercih edilir (Field 2013). Aynı grup katılımcılardan alınan bu iki ölçüm arasındaki farkın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi, araştırmanın amacına ve veri yapısına en uygun yöntem olarak seçilmiştir.

BULGULAR

AG ve Render seçeneklerine verilen cevaplar ayrı ayrı güvenilirlik testine tabi tutulmuştur (Çizelge 2). Yapılan testler sonucunda iki formda da değerleri 0.7 den yüksek olması, iç tutarlılığın ve güvenilirliğin yüksek olduğunu göstermiştir. Normallik varsayımını test etmek için Shapiro-Wilk normallik testi kullanılmış ve bu testin anlamlılık değerinin 0.05'in altında olması durumunda verilerin normal dağılmadığı kabul edilmiştir. Verilerin normallik değerlerine ait yapılan Shapiro-Wilk testi sonuçları aşağıda sunulmuştur (Çizelge 3). Verilen Çizelgeye göre anlamlılık değeri 0.05 ten düşük çıkmıştır. Analiz sonuçlarına göre verilerin normal dağılım özelliği göstermediği görülmüştür. Bu nedenle parametrik olmayan Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi uygulanmıştır

Çizelge 2. AG ve Render verileri güvenilirlik testi

AG Formu Güvenirlik Testi			SG Formu Güvenirlik Testi		
Cronbach's Alpha	Standartlaştırılmış Maddelere Dayalı Cronbach's Alfa	Madde Sayısı	Cronbach's Alpha	Standartlaştırılmış Maddelere Dayalı Cronbach's Alfa	Madde Sayısı
.900	.895	21	.906	.907	21

Çizelge 3. Normalite testi analiz sonuçları

	İstati stik	df	Sig.		İstati stik	df	Sig.
Genel Görünüm/Algılanabilirlik/AG	0.683	30	<0.001	Genel Görünüm/Algılanabilirlik/RENDER	0.772	30	<0.001
Genel Görünüm/Detay ve Netlik/AG	0.762	30	<0.001	Genel Görünüm/Detay ve Netlik/RENDER	0.853	30	<0.001
Genel Görünüm/Perspektif ve Derinlik/AG	0.786	30	<0.001	Genel Görünüm/Perspektif ve Derinlik/RENDER	0.872	30	0.002
Genel Görünüm/Gerçekçilik/AG	0.815	30	<0.001	Genel Görünüm/Gerçekçilik/RENDER	0.858	30	<0.001
Genel Görünüm/Görsel Çekicilik ve Estetik/AG	0.769	30	<0.001	Genel Görünüm/Görsel Çekicilik ve Estetik/RENDER	0.876	30	0.002
Bitki Materyali/Algılanabilirlik/AG	0.762	30	<0.001	Bitki Materyali/Algılanabilirlik/RENDER	0.863	30	<0.001
Bitki Materyali/Detay ve Netlik/AG	0.832	30	<0.001	Bitki Materyali/Detay ve Netlik/RENDER	0.883	30	0.003
Bitki Materyali/Perspektif ve Derinlik/AG	0.806	30	<0.001	Bitki Materyali/Perspektif ve Derinlik/RENDER	0.878	30	0.003
Bitki Materyali/Gerçekçilik/AG	0.809	30	<0.001	Bitki Materyali/Gerçekçilik/RENDER	0.812	30	<0.001
Bitki Materyali/Görsel Çekicilik ve Estetik/AG	0.800	30	<0.001	Bitki Materyali/Görsel Çekicilik ve Estetik/RENDER	0.882	30	0.003
Su Ögesi/Algılanabilirlik/AG	0.844	30	<0.001	Su Ögesi/Algılanabilirlik/RENDER	0.862	30	<0.001
Su Ögesi/Detay ve Netlik/AG	0.826	30	<0.001	Su Ögesi/Detay ve Netlik/RENDER	0.862	30	<0.001
Su Ögesi/Perspektif ve Derinlik/AG	0.857	30	<0.001	Su Ögesi/Perspektif ve Derinlik/RENDER	0.903	30	0.01
Su Ögesi/Gerçekçilik/AG	0.872	30	0.002	Su Ögesi/Gerçekçilik/RENDER	0.866	30	<0.001
Su Ögesi/Görsel Çekicilik ve Estetik/AG	0.870	30	0.002	Su Ögesi/Görsel Çekicilik ve Estetik/RENDER	0.911	30	0.016
Konstrüksiyon Materyali/Algılanabilirlik/AG	0.637	30	<0.001	Konstrüksiyon Materyali/Algılanabilirlik/RENDER	0.811	30	<0.001
Konstrüksiyon Materyali/Detay ve Netlik/AG	0.852	30	<0.001	Konstrüksiyon Materyali/Detay ve Netlik/RENDER	0.882	30	0.003
Konstrüksiyon Materyali/Perspektif ve Derinlik/AG	0.783	30	<0.001	Konstrüksiyon Materyali/Perspektif ve Derinlik/RENDER	0.866	30	<0.001
Konstrüksiyon Materyali/Gerçekçilik/AG	0.798	30	<0.001	Konstrüksiyon Materyali/Gerçekçilik/RENDER	0.834	30	<0.001
Konstrüksiyon Materyali/Görsel Çekicilik ve Estetik/AG	0.793	30	<0.001	Konstrüksiyon Materyali/Görsel Çekicilik ve Estetik/RENDER	0.852	30	<0.001
Konsept/AG	0.594	30	<0.001	Konsept/RENDER	0.870	30	0.002

Toplanan veriler SPSS programında analiz edilmiş ve Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi ile "AG" ve "Render" yöntemleri arasındaki medyan farkları değerlendirilmiştir. Analiz, 21 farklı görsel algılama kriteri için Z değerlerini ve anlamlılık düzeylerini ortaya koymaktadır. Negatif Z değerleri, AG deneyiminde puanların arttığını; pozitif Z değerleri ise puanların azaldığını göstermektedir. Test sıralaması, deneyim sürecine uygun olarak önce "Render", ardından "AG" verileri şeklinde yapılmıştır. Böylece iki yöntem arasındaki sıralama farklarının yönü ve istatistiksel anlamlılığı doğru biçimde belirlenmiştir. Analizlerde $p < 0.05$ anlamlı, $p < 0.01$ çok anlamlı, $p < 0.001$ çok güçlü anlamlılık düzeyini ifade ederken, $p < 0.1$ sınırdan anlamlılık olarak değerlendirilmiştir. Bu durum Çizelge 4'te sırasıyla *, **, *** ve # sembolleri ile gösterilmiştir.

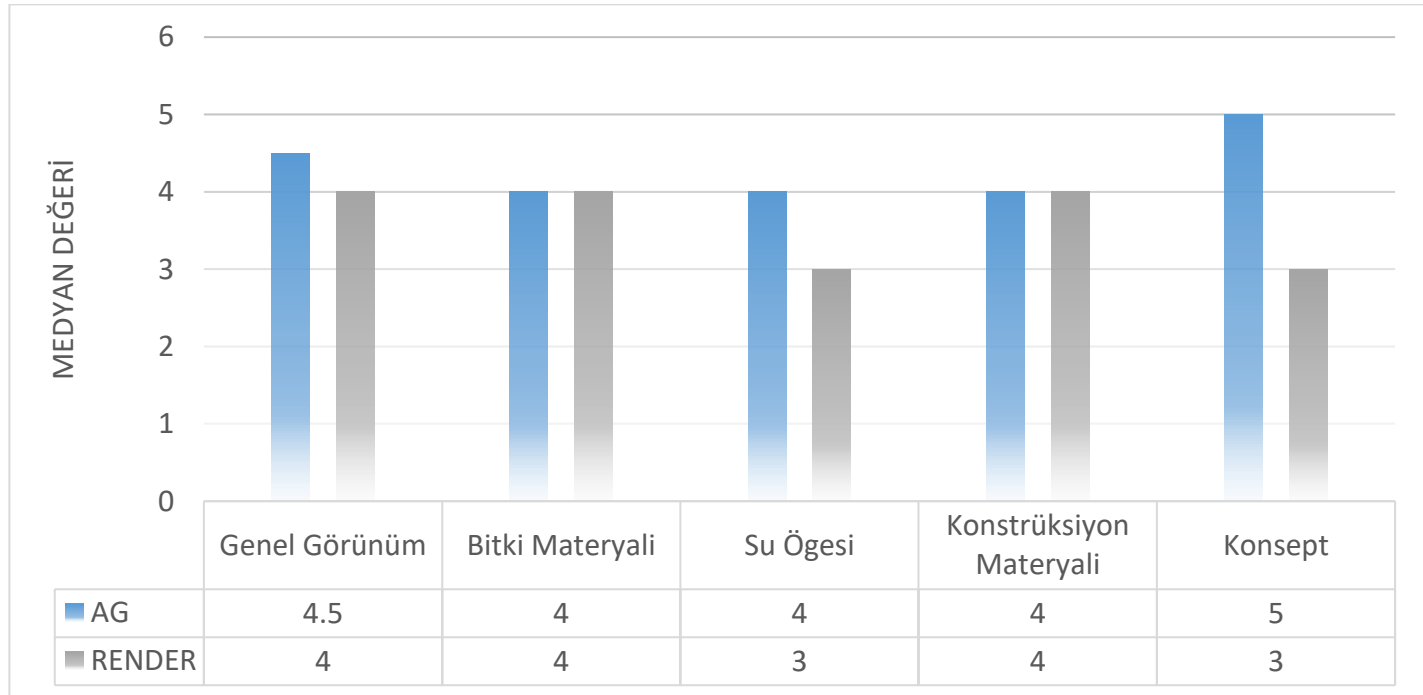
Analiz sonuçlarına göre, Genel Görünüm kategorisinde "Algılanabilirlik", "Detay ve Netlik", "Perspektif ve Derinlik" ile "Görsel Çekicilik ve Estetik" kriterlerinde anlamlı farklar elde edilmiştir ($p < 0.05$). "Gerçekçilik" kriterinde ise $p = 0.056$ ile sınırdan anlamlılık gözlenmiştir. Bitki Materyali kategorisinde, "Algılanabilirlik", "Detay ve Netlik", "Perspektif ve Derinlik" ve "Görsel Çekicilik ve Estetik" kriterleri $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı bulunurken, "Gerçekçilik" kriteri $p = 0.062$ ile sınırdan anlamlılık göstermiştir. Su Ögesi kategorisinde "Algılanabilirlik", "Detay ve Netlik", "Perspektif ve Derinlik" ve "Gerçekçilik" kriterleri $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı fark ortaya koyarken, "Görsel Çekicilik ve Estetik" kriteri $p = 0.068$ ile sınırdan anlamlı bulunmuştur. Konstrüksiyon Materyali kategorisinde "Algılanabilirlik", "Detay ve Netlik", "Perspektif ve Derinlik" ve "Görsel Çekicilik ve Estetik" kriterlerinde anlamlı fark tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Son olarak, Konsept kategorisinde $p < 0.001$ düzeyindeki sonuç, AG'nin render yöntemine göre belirgin bir üstünlüğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 4. Wilcoxon testi analiz sonuçları

Ana Bileşen	Görsel Algılama Kriterleri	Z değeri	Asmpt. Anlm. (2-Kuyruklu)	AG Medyan	AG Ort.	Render Medyan	Render Ort.
Genel Görünüm	Algılanabilirlik	-2.695	0.007 **	5	4.53	4	4.03
	Detay ve Netlik	-3.223	0.001 **	4	4.33	3	3.57
	Perspektif ve Derinlik	-2.179	0.029 *	4.5	4.23	4	3.70
	Gerçekçilik	-1.911	0.056 #	4	4.13	4	3.63
	Görsel Çekicilik ve Estetik	-2.706	0.007 **	4.5	4.33	4	3.63
Bitki Materyali	Algılanabilirlik	-2.306	0.021 *	4	4.33	4	3.87
	Detay ve Netlik	-2.024	0.043 *	4	4.07	3	3.47
	Perspektif ve Derinlik	-2.874	0.004 **	4	4.13	4	3.57
	Gerçekçilik	-1.867	0.062 #	4	4.00	4	3.50
	Görsel Çekicilik ve Estetik	-2.856	0.004 **	4	4.23	4	3.60
Su Ögesi	Algılanabilirlik	-2.041	0.041 *	4	3.77	3	3.43
	Detay ve Netlik	-2.004	0.045 *	4	3.67	3	3.20
	Perspektif ve Derinlik	-2.568	0.010 **	4	3.87	3	3.30
	Gerçekçilik	-2.008	0.045 *	4	3.60	3	3.17
	Görsel Çekicilik ve Estetik	-1.826	0.068 #	4	3.70	3	3.30
Konstrüksiyon Materyali	Algılanabilirlik	-2.782	0.005 **	5	4.53	4	4.03
	Detay ve Netlik	-2.246	0.025 *	4	4.00	3.5	3.53
	Perspektif ve Derinlik	-2.104	0.035 *	4.5	4.03	4	3.77
	Gerçekçilik	-1.911	0.056 #	4	4.03	3.5	3.63
	Görsel Çekicilik ve Estetik	-2.413	0.016 *	4	4.27	4	3.77
Konsept	-	-4.388	0.001 ***	5	4.70	3	3.47

Elde edilen verilerin medyan değerleri üzerinden yapılan karşılaştırma sonucunda, tüm başlıklarda AG deneyimine verilen puanların, Render sunumuna kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Peyzajın ana bileşen kategorileri

bazında her iki sunum tekniğine ait medyan puanlar dikkate alınarak oluşturulan karşılaştırmalı sonuçlar Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 5. AG ve RENDER medyan değerleri

TARTIŞMA

Çalışmanın amacı peyzaj tasarım sürecinde render görsel ile karşılaştırılması için mobil AG uygulaması geliştirilerek, kullanıcı görüşleri ile detaylı bir biçimde değerlendirilmesidir. Bu kapsamda ulaşılan bulgular, belirlenen kategorilerde istisna olan birkaç kriter dışında AG ve render yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğunu göstermiştir. AG teknolojisinin mekânsal öğrenmeyi kolaylaştırması ve tasarım ile bağ kurmasına yardımcı bir yöntem olması nedeni ile (Agusanto ve ark. 2003, Fischer ve ark. 2005, Amin ve Govilkar 2015, Korkut ve Sürer 2023) kullanıcılar tarafından render görsellere kıyasla daha yüksek puan aldığı söylenebilir.

Medyan değerleri üzerinden yapılan karşılaştırmada, tüm başlıklarda AG deneyimine verilen puanların render sunumuna kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, istatistiksel analiz sonuçlarıyla da tutarlılık göstermekte ve AG teknolojisinin görsel algılanabilirlik açısından üstünlüğünü desteklemektedir.

AG teknolojisinin daha yenilikçi bir deneyim sunması ve peyzaj bileşenlerini algılamada kullanıcılara daha fazla etkileşim sağlaması nedeniyle render görsellere göre daha etkili bir araç olduğu görülmüştür. Özellikle "perspektif ve derinlik" ile "detay ve netlik" gibi özelliklerde AG'nin öne çıkması, Gülel ve Arabacıoğlu (2019)'nun yaptıkları çalışmada olduğu gibi mekânsal algıda çok boyutlu deneyimin önemini yansıtmaktadır. Benzer şekilde Wang ve ark. (2023) AG teknolojilerinin öğretme etkinliğini, öğrenci motivasyonunu ve iletişimi geliştirerek mimari eğitimi olumlu yönde etkilediğini vurgulamışlardır. Render görseller, statik ve tek yönlü bir sunum biçimi sağlarken; AG uygulaması, kullanıcıya dinamik ve etkileşimli bir deneyim sunarak, tasarım unsurlarının farklı açılardan incelenmesine ve mekânsal algının derinleşmesine imkân tanımaktadır. Bu etkileşim düzeyi, kullanıcıların puanlama tercihlerini belirleyen temel faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir.

Wilcoxon testi sonuçlarına göre, "Detay ve Netlik", "Perspektif ve Derinlik" ve "Görsel Çekicilik ve Estetik" gibi kriterlerde AG yöntemi, render görsellerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı farklar göstermiştir. Bu durum,

AG teknolojisinin dinamik ve interaktif yapısının kullanıcılara daha gerçekçi bir deneyim sunmasıyla ilişkilendirilebilir. Özellikle "Konsept" kategorisindeki yüksek anlamlılık düzeyi ($p < 0.001$), AG'nin tasarım sürecinde genel konsept algısına olan etkisinin güçlü bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Benzer şekilde, Song ve ark. (2022) ile Soria ve Roth (2018) çalışmalarında, peyzaj tasarımında AG teknolojisinin kullanılması ile mekânsal algının geliştiğine yönelik sonuçlara ulaşılmıştır.

AG uygulamalarının kullanıcı deneyimini iyileştirerek tasarım karar alma süreçlerinde daha bilgilendirici ve interaktif bir araç olarak değerlendirilmesi, peyzaj mimarlığında tasarım değerlendirme süreçlerine yönelik önemli bir katkı olarak değerlendirilebilir. Wang'ın (2009) ve yaptığı çalışmaya benzer olarak AG uygulamalarının, kullanıcı deneyimini iyileştirerek tasarım karar alma süreçlerinde daha bilgilendirici ve interaktif bir araç olarak öne çıktığı görülmüştür. Örneğin, "Bitki Materyali" ve "Su Ögesi" kategorilerinde, "Detay ve Netlik" ile "Görsel Çekicilik ve Estetik" kriterlerinde elde edilen anlamlı farklar ($p < 0.05$), AG'nin peyzaj elemanlarının daha etkili bir şekilde sunumuna katkı sağladığını göstermektedir. Render görsellerine oranla daha gerçekçi ve ayrıntılı bir algı oluşturması, AG'nin meslek alanında yaygınlaşmasını destekleyecek bir bulgu olarak yorumlanabilir. Özellikle "Konsept" kategorisindeki yüksek anlamlılık düzeyi ($p < 0.001$), AG'nin tasarım sürecinde konsept kavramının paydaşlara aktarımında güçlü bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu bulgu Sungkur ve ark. (2016)'nın AG ile öğrenme, öğrencilerin materyali daha kolay görselleştirebildiği ve karmaşık kavramları kolayca anlayabildiği bulgusuyla benzer olarak değerlendirilerek, karmaşık ve anlaşılması zor konularda AG kullanımının olumlu katkı sağladığını göstermektedir.

Toplanan verilerde, tüm kategoriler altında Algılanabilirlik kriterinin en yüksek, Gerçekçilik kriterinin ise en düşük puanı aldığı görülmüştür. Bu durum, Gülbahar (2019) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarıyla paralellik göstererek, kullanıcıların AG uygulamalarında deneyimledikleri modelin algılanabilirliğini başarılı bulduklarını ortaya koymaktadır. Gerçeklik kriterinin

düşük puan alması, Gülel ve Arabacıoğlu (2019) çalışmasında vurgulandığı gibi, AG uygulamalarının içerdiği materyalin gerçekçilik düzeyinin geliştirilmesi gerekliliği ile örtüşmektedir. Benzer şekilde, Tomkins ve Lange (2019), kullanıcıların AG destekli görselleştirme araçlarında daha yüksek bir gerçeklik algısına ihtiyaç duyduklarını belirtmişlerdir. Ulaşılan sonuca benzer olarak Zhao ve Perera (2021) AG uygulamalarının Peyzaj Mimarlığı alanında etkili olması için kullanılan sanal modellerin gerçekçi olması gerektiğini, gerçekçi olmanın mekansal algıyı artırarak, AG deneyimini peyzaj tasarımı projeleri için daha sürükleyici ve faydalı hale getirdiği sonucuna ulaşmışlardır. İlgili ifadelerden hareketle AG uygulamasının gerçeği yansıtma düzeyinin mekân algısında önemli olduğu söylenebilir.

Araştırmada kullanıcı deneyimi sırasında AG uygulamasının deneyimlendiği donanımın teknik sınırları bulguları etkileyen faktörler olarak sıralanabilir. Bu durum, AG uygulamasının görsel zenginliğini ve detay seviyesini sınırlayan bir diğer faktör haline gelerek çalışmanın görsel unsurlarının detay seviyesini etkileyerek kullanıcı deneyimlemelerinde sınırlayıcı bir etki yaratmış olabileceği değerlendirilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma kapsamında geliştirilen mobil AG uygulaması ile render görselleri, peyzaj tasarım projelerinin görsel algılanabilirlik kriterleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçlarına göre, AG yöntemi özellikle Detay ve Netlik, Perspektif ve Derinlik ve Görsel Çekicilik ve Estetik kriterlerinde render görsellerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı farklar göstermiştir ($p < 0.05$). Ayrıca Gerçekçilik kriterinde $p < 0.001$ düzeyinde anlamlılık elde edilmiştir. Konsept kategorisinde ise $Z = -4.388$ değeri ile AG, render yöntemine göre belirgin bir üstünlük sergilemiştir. Ortalama puanlar incelendiğinde, tüm ana bileşenlerde AG'nin rendera kıyasla daha yüksek puan aldığı görülmüştür; en yüksek fark "Perspektif ve Derinlik" kriterinde, en düşük fark ise "Gerçekçilik" kriterinde ortaya çıkmıştır.

Bu sonuçlar, AG teknolojisinin peyzaj tasarımında mekânsal algıyı güçlendiren, etkileşimi artıran ve kullanıcıya üç boyutlu gerçek ölçekli bir deneyim sunan etkili bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen verilere göre render görseller hâlen yüksek kaliteli sunumunda avantaj sağlamaktadır. Dolayısıyla iki yöntemin tamamlayıcı olarak kullanılması, tasarım sürecinde daha bütüncül ve ikna edici bir iletişim sağlayacaktır.

Tasarım eğitimi perspektifinden bakıldığında, AG'nin öğrencilere tasarım mekânını yerinde deneyimleme, detaylı inceleme ve anlık geri bildirim alma imkânı sunduğu görülmüştür. Bu hem öğrenci motivasyonunu artırmakta hem de projelerin eleştirel değerlendirme sürecine katkı sağlamaktadır. Profesyonel uygulamalarda ise AG, müşteri ve paydaş katılımını güçlendirerek karar alma süreçlerini hızlandırma potansiyeline sahiptir.

Araştırmanın sınırlılıkları arasında örneklem büyüklüğünün 30 kişi ile sınırlı olması, katılımcı profilinin tek tipte olması ve AG deneyiminin belirli bir donanım kapasitesi ile sunulmuş olması sayılabilir. Gelecekteki çalışmalar, farklı yaş, meslek ve teknoloji deneyimine sahip daha geniş katılımcı gruplarıyla, gelişmiş donanım ve yüksek gerçeklik düzeyine sahip sanal modellerin kullanımıyla yapılmalıdır. Ayrıca, AG deneyimlerinin çevresel faktörler (ışık, mekân ölçeği vb.) ve kullanıcı davranışları üzerindeki etkilerinin incelenmesi önerilmektedir.

Sonuç olarak, AG teknolojisi, peyzaj mimarlığında hem tasarım eğitimi hem de profesyonel proje sunumları için yenilikçi, etkileşimli ve kullanıcı odaklı bir araçtır. Render görsellerle birlikte kullanıldığında, tasarımın algılanabilirliğini, ikna ediciliğini ve etkileşim düzeyini önemli ölçüde artırma potansiyeli taşımaktadır.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışmada İzmir Demokrasi Üniversitesi Etik Kurulu'ndan 02/07/2024 tarih ve 2024/03-03 sayılı kararı ile etik kurul izni alınmıştır.

KAYNAKLAR

- Aksu NS, Ercoskun ÖY (2022) Augmented reality (AR) applications in sustainable urban planning. *Journal of Management Theory and Practices Research*, 3(1):39-53. <https://journals.academicianstudies.com/jmtp/article/view/33>
- Amin D, Govilkar S (2015) Comparative study of augmented reality SDKs. *International Journal on Computational Science & Applications*, 5(1):11-26. <https://doi.org/10.5121/ijcsa.2015.5102>
- Bell S (2012) *Landscape: Pattern, Perception and Process*. Routledge.
- Clay GR, Smidt RK (2004) Assessing the validity and reliability of descriptor variables used in scenic highway analysis. *Landscape and Urban Planning*, 66(4):239-255. [https://doi.org/10.1016/s0169-2046\(03\)00114-2](https://doi.org/10.1016/s0169-2046(03)00114-2)
- Cohen L, Manion L, Morrison K (2002) *Research Methods in Education*. Routledge.
- Conover WJ (1999) *Practical Nonparametric Statistics (3rd Ed.)*. John Wiley & Sons.
- Creswell JW (2014) *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Demir M, Özmısır R, Yanık H (2022) Augmented Reality Technology Aided Vertical Garden Design. International MEDITERRANEAN Congress, Mersin, Turkey.
- Field (2013) *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics (4th Ed.)*. London: Sage Publications.
- Fischer J, Bartz D, Straber W (2005) Stylized Augmented Reality for Improved Immersion. In IEEE Proceedings. Virtual Reality, pp. 195-202).
- Gliem JA, Gliem RR (2003) Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. In *Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*, 1:82-87.
- Gülbahar K (2019) Mimarlık eğitiminde artırılmış gerçeklik tabanlı mobil uygulama önerisi: StudioArtTool Box. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Güle Z, Arabacıoğlu BC (2019) Arttırılmış gerçekliğin (AG) mekan tasarımı eğitiminde kullanımına potansiyeller ve kısıtlamalar ışığında güncel bir bakış. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, (23):151-177.
- Hassamancıoğlu VM, Yılmaz G, Çelik A, Erdoğan S (2025) Kentsel açık yeşil alanların kuraklık peyzaj tasarımına uygunluğunun değerlendirilmesi: Tokat Kenti örneği. *Research in Agricultural Sciences*, 56(1):50-65. <https://doi.org/10.17097/agricultureatauni.1508760>
- Hollander M, Wolfe DA (1999) *Nonparametric Statistical Methods (2nd Ed.)*. John Wiley & Sons.
- Hunter M, Soro A, Brown R (2021) Enhancing urban conversations for smarter cities: augmented reality as an enabler of digital civic participation. *Interaction Design and Architecture*, 48:75-99. <https://doi.org/10.55612/s-5002-048-004>
- Agusanto K, Li L, Chuangui Z, Wan Sing N (2003) Photorealistic rendering for augmented reality using environment illumination. The Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Proceedings, Tokyo, Japan, pp. 208-216.
- Kent L, Snider C, Gopsill J, Hicks B (2021) Mixed reality in design prototyping: a systematic review. *Design Studies*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2021.101046>.
- Kerr J, Lawson G (2020) Augmented reality in design education: landscape architecture studies as AR experience. *International Journal of Art & Design Education*, 39(1):6-21. <https://doi.org/10.1111/jade.12227>
- Korkut EH, Surer E (2023) Visualization in virtual reality: a systematic review. *Virtual Reality*, 27(2):1447-1480. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00753-8>
- Liu M, Nijhuis S (2020) Digital methods for mapping landscape spaces in landscape design. *Journal of Digital Landscape Architecture*, 2020(5):634-645. <https://doi.org/10.14627/537690065>
- Misthos LM, Krassanakis V, Merlemis N, Kesidis AL (2023) Modeling the visual landscape: a review on approaches, methods and techniques. *Sensors*, 23(19):8135.
- Morosi F, Carli I, Caruso G, Cascini G, Dhokia V, Ben Guefrache F (2018) Analysis of Co-Design Scenarios and Activities for the Development of a Spatial-Augmented Reality Design Platform. In DS 92: Proceedings of the DESIGN, 15th International Design Conference (pp. 381-392). <https://doi.org/10.21278/idc.2018.0504>
- Razali NM, Wah YB (2011) Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1):21-33.
- Shapiro SS, Wilk MB (1965) An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4):591-611. <https://doi.org/10.2307/2333709>
- Song G, Li Y, Zhang LM (2022) Landscape fusion method based on augmented reality and multiview reconstruction. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2022(1):5894236.
- Soria C, Roth M (2018) Unreal reality: an empirical investigation of augmented reality effects on spatial cognition in landscape architecture. *Journal of Digital Landscape Architecture*, 3:150-162.
- Sungkur RK, Panchoo A, Bhooyroo NK (2016) Augmented reality, the future of contextual mobile learning. *Interactive Technology and Smart Education*, 13(2):123-146. <https://doi.org/10.1108/ITSE-07-2015-0017>
- Tomkins A, Lange E (2019) Interactive landscape design and flood visualisation in augmented reality. *Multimodal Technologies and Interaction*, 3(2):43.
- Tveit M, Ode Å, Fry G (2006) Key concepts in a framework for analysing visual landscape character. *Landscape Research*, 31(3):229-255. <https://doi.org/10.1080/01426390600783269>
- Vroom M (2006) *Lexicon of Garden and Landscape Architecture*. Birkhäuser, ISBN: 9783764375256.
- Wang X (2009) Augmented reality in architecture and design: potentials and challenges for application. *International Journal of Architectural Computing*, 7(2):309-326. <https://doi.org/10.1260/147807709788921985>
- Wang J, Ma Q, Wei X (2023) The application of extended reality technology in architectural design education: a review. *Buildings*, 13(12):2931. <https://doi.org/10.3390/buildings13122931>
- Waterman T (2015) *The Fundamentals of Landscape Architecture*. Bloomsbury Publishing.
- Wilcoxon F (1945) Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics*, 1(6):80-83. <https://doi.org/10.2307/3001968>
- Xu X, Chen KB, Lin JH, Radwin RG (2015) The accuracy of the oculus rift virtual reality head-mounted display during cervical spine mobility measurement. *J. Biomech.*, 48:721-724. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.01.005>
- Yılmaz S, Eren ET, Alpak M (2019) Peyzaj Tasarımında Estetik. In SETSCI-Conference Proceedings, 10:61-65.
- Zhao J, Perera C (2021) Application of computer augmented reality (AR) technology in landscape architecture design. In International conference on Smart Technologies and Systems for Internet of Things, pp:375-381, Singapore: Springer Nature Singapore.
- Zülkadıroğlu D, Doygun H (2016) Kentsel akarsuların korunmasına yönelik peyzaj planlama ve tasarım ilkeleri geliştirilmesi: Kahramanmaraş Kenti örneği. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 6(13).

Pinus pinea Fidanlarının Büyümesinde Silikon Bazlı Gübrelemenin Etkisi

Effects of Silicon-Based Fertilizer on Growth of *Pinus pinea* Seedlings

Safa BALEKOĞLU*¹ 

¹İstanbul Üniversitesi -Cerrahpaşa, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Silvikültür Ana Bilim Dalı, İstanbul

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1708534](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1708534)

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Safa BALEKOĞLU

e-mail: safa.balekoglu@iuc.edu.tr

Geliş tarihi / Received

28.05.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

20.09.2025

Kabul tarihi / Accepted

22.09.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Fidanlık

Gürbüzlük indisi

Kök boğazı çapı

Fidan boyu

Biyokütle

Keywords:

Nursery

Sturdiness quotient

Root collar diameter

Seedling height

Biomass

Özet

Silikon, yaygın bir element olup fidanların gelişimindeki süreçlerde kritik bir rol oynadığı bildirilmektedir. Bu çalışmada farklı dozlarda silikon bazlı gübrelemenin 2+0 yaşlı fıstıkçamı (*Pinus pinea*) fidanlarının gelişimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Fidanlara farklı silikon bazlı gübre dozları (0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g/fidan) uygulanmış olup, denemede toplam 150 adet fidan (10 fidan x 3 tekrür x 5 doz) kullanılmıştır. Gübreleme işlemi Mayıs 2024 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada her ay kök boğazı çapı (mm), fidan boyu (cm) ve gürbüzlük indisi saptanmıştır. Vegetasyon dönemi sonunda farklı dozlarda silikon bazlı gübreleme yapılan fidanlarda iğne yaprak, sürgün, gövde ve kök biyokütelleri belirlenmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, kök boğazı çapı ve fidan boyu değerlerinde istatistiksel fark bulunmazken, uygulanan silikon bazlı gübre dozlarının Haziran ve Temmuz ayı ortalama gürbüzlük indisinde istatistiksel anlamda etkili olduğu ($p=0.001$) görülmüştür. Ayrıca silikon ağırlıklı gübrelemenin Mayıs-Haziran dönemi ortalama kök boğazı çapı ($p=0.014$) ve fidan boyu ($p=0.001$) artımında etkili olduğu görülmüştür. Ancak silikon bazlı gübre uygulamasının iğne yaprak, sürgün, gövde ve kök biyokütle üzerinde anlamlı bir etki göstermemiştir ($p>0.05$). Bununla birlikte, en yüksek biyokütle değeri 5g doz uygulanan fidanlarda kaydedilmiştir. Bu bulgular, silikon bazlı gübrelerin *Pinus pinea* fidanlarında gürbüzlük indisi, çap ve boy gelişimini artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Abstract

Silicon is a common element and is reported to play a critical role in the development processes of seedlings. In this study, the effects of different doses of silicon-based fertilization on the development of 2+0-year-old *Pinus pinea* seedlings were investigated. Five different doses (0 g, 5 g, 10 g, 15 g, and 30 g/seedling) were applied to the seedlings, with a total of 150 seedlings (10 seedlings x 3 replications x 5 doses) used in the experiment. The fertilization process was carried out in May 2024. In the study, root collar diameter (mm), seedling height (cm) and sturdiness quotient were determined every month. At the end of the vegetation period, needle, shoot, stem and root biomasses were determined in seedlings that were treated with silicon-based fertilizer at different doses. According to ANOVA results, while no statistical difference was found in root collar diameter and seedling height values, it was observed that applied silicon-based doses were statistically effective in the average sturdiness quotient in June and July ($p=0.001$). In addition, silicon-based fertilizer was found to be effective in increasing the average root collar diameter ($p=0.014$) and seedling height ($p=0.001$) in the May-June period. However, silicon-based fertilizer did not show a significant effect on needle, shoot, stem and root biomass ($p>0.05$). The highest biomass value was recorded in seedlings applied with 5 g dose. These findings show that silicon-based fertilizers have the potential to increase sturdiness quotient, diameter and height development in *Pinus pinea* seedlings.

GİRİŞ

Ağaçlandırma başarısı, kullanılacak fidanların kuraklık da dahil olmak üzere çeşitli stres koşullarında hayatta kalma ve büyüme yeteneğine bağlıdır. Orman ağacı fidanlarının strese karşı tepki mekanizmaları ve bunların fidan kalitesi araştırmalarına ilişkin temel bilgilerimizi geliştirmeye yönelik son zamanlardaki çabalara rağmen, ekofizyolojik çalışmalarda fidanların strese karşı tepkilerini incelerken başlangıçtaki fidan özellikleri (çap, boy, gürbüzlük indisi vs.) sıklıkla göz ardı edilmektedir. Gürbüzlük indisi (Gİ),

fidanların hayatta kalma ve performanslarını tahmin etmede önemli ölçüm parametrelerinden biridir (Mañas ve ark. 2009). Gİ, fidanların dengeli bir şekilde büyümesin karşılık gelirken, açık alan koşullarında daha uzun fidanlar, daha büyük kök boğazı çapına sahip fidanlara kıyasla rüzgâr basıncına dayanamayabilir (Chauhan ve Sharma 2017). Tapwal ve ark. (2022)'a göre, mikoriza aşılansız *Pinus gerardiana* fidanlarının Gİ değerlerinin kontrol fidanlarından daha düşük olması, onların dikim sonrası daha iyi bir gelişim sergileyeceklerini öngörmektedir.

İklim değişikliği senaryolarına ilişkin projeksiyonlarında Akdeniz havzasında kuraklık sıklığının ve şiddetinin artacağı göz önüne alındığında (Trambly ve ark. 2020), bazı türlerin kuraklığa tolerans sınırlarıyla karşılaşması muhtemel görünmektedir. Kuraklık stresi, bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde bir dizi morfolojik ve fizyobiyokimyasal değişikliğe neden olduğu bilinmektedir. Kısıtlayıcı koşullar altında ormanların restorasyon başarısını artırmak saha koşullarına uygun şekilde yetiştirilmiş fidanların kullanımıyla ilişkilidir. *Pinus* spp. üzerinde yapılan çalışmalarda, dikimden sonraki ağaçlandırma performansının dikimde kullanılan fidan özellikleriyle ilişkili olduğu bildirilmektedir (Deligöz ve ark. 2009, Aytaş ve Tilki 2012, Öner ve ark. 2015, Toprak ve ark. 2016, Ivetić ve ark. 2017, Grossnickle ve MacDonald 2018). Kapta fidan yetiştirme, sulama ve gübreleme gibi kültürel uygulamalar üzerinde daha fazla kontrol sağlayarak kaliteli fidan üretimini mümkün kılmaktadır (Ürgeç 1988, Ayan ve ark. 2020). Son yıllarda, kaplı fidanların üretiminde üretim sürecini desteklemek amacıyla kontrollü salımlı gübreler de geliştirilmiştir (Huang ve ark. 2022, Shreckhise ve Altland 2024).

Bitkilerde yaygın olarak bulunan silisyum, fidanların gelişimi üzerindeki morfolojik ve fizyolojik etkileriyle dikkat çekmektedir (Wang ve ark. 2021, Khan ve ark. 2023, Ashfaq ve ark. 2024). Oksijenden sonra, silisyum en çok bulunan elementtir ve dünya kabuğunun yaklaşık %25'i bu elementten oluşur. Toprak ortamlarında, bu mineraller kimyasal ve fiziksel aşınma süreçlerine karşı hassastır (Ma ve Yamaji 2006, 2008). Silisyum, su kaybını, taşınmasını ve su alım süreçlerini düzenleyerek su dengesinin korunmasında önemli bir rol oynamaktadır (Wang ve ark. 2021). Abiyotik stres riskinin akut olduğu bölgelerde, özellikle su açığı olmak üzere, üre ve fosfat gübreleri gibi temel gübrelerin silisyumla zenginleştirilmesi önerilmektedir (Irfan ve ark. 2023). Bilimsel araştırmalardan elde edilen kanıtlar, silisyumun bitki hastalıkları ve böcek zararlıları gibi biyotik streslerin yanı sıra ağır metal toksisitesi, UV radyasyonu, soğuk, tuz ve kuraklık gibi abiyotik stresler de dahil olmak üzere bir dizi çevresel strese karşı bitki dayanıklılığını artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Coskun ve ark. 2019, Singh ve ark. 2020, Vaculík ve ark. 2020).

Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.), Akdeniz Havzası'nda, kıyı kumullarında ve hatta yüksek Akdeniz yamaçlarında görülebilen bir türdür. Özellikle nemli ve yarı nemli iklim koşullarına çok iyi uyum sağlayan bir ağaçtır. Yüksek pazar talebi ve karlılığı nedeniyle fıstıkçamı tohumları, niteliğini kaybetmiş topraklarda bile gelişebilen dayanıklı bir ürün olarak öne çıkmaktadır (Boydak ve Çalışkan 2014, 2015, Çalışkan ve Boydak 2017). Fıstıkçamı tohumlarında yüksek seviyelerde azot bulunması, daha fazla su alımını kolaylaştırmakta ve dolayısıyla çimlenme oranını hızlandırmaktadır (Balekolu ve ark. 2021). Türkiye'deki bazı fıstıkçamı popülasyonları kuraklık koşullarında, izohidrik–anizohidrik davranışlar sergileyebilmektedir (Balekolu ve ark. 2020, 2023a). Bununla birlikte, fıstıkçamı popülasyonları kuraklığa ve kuraklık sonrası toparlanmaya karşı yüksek bir adaptasyon yeteneği gösterir (Balekolu ve ark. 2023b).

Silikon uygulamasının tarım bitkileri üzerindeki etkisine ilişkin çok sayıda çalışma olmasına rağmen, orman ağaçlarının fidanları üzerindeki etkisine ilişkin çalışmalar kısıtlıdır. Silikon bazlı gübrelerin fidanlık aşamasındaki fıstıkçamı fidanlarında gürbüzlük indisini artırıp artırmadığı belirsizdir. Bu çalışmada, farklı dozda silikon bazlı gübre uygulanmış (0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30g) 2+0 yaşlı fıstıkçamı fidanların gelişimleri aylık kök boğazı çap (mm), fidan boyu (cm) ve gürbüzlük indisleri dikkate alınarak araştırılmıştır. Diğer yandan farklı dozlarda silikon bazlı gübre verilen fidanların biyokütleleri iğne yaprak, sürgün, gövde ve köklerde ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu çalışmanın hipotezleri, silikon bazlı gübrelemenin fıstıkçamı fidanlarının kök boğazı çapı ve fidan boyu gibi büyüme parametreleri ile gürbüzlük indisi üzerindeki potansiyel etkisini test etmek üzerine kurulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

Fidan Materyali

Çalışma İstanbul Orman Fidanlık Müdürlüğü'ne bağlı Göktürk Orman Fidanlığında açık hava koşullarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada toplam 150 adet 2+0 yaşlı fıstıkçamı fidanı kullanılmıştır. Fidanlar, boy (cm) ve kök boğazı çapı (mm) değerleri bakımından istatistiksel

olarak farklılık göstermeyecek şekilde homojen gruplara ayrılmıştır. Fidan kap (2.5 L) harcı olarak %50 orman toprağı, %25 torf ve %25 kum karışımı kullanılmıştır. Kap harcı özellikleri; %64.6 kum, %17.8 toz, %17.6 kil, 7.12 pH, 161.7 EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$), %0.51 CaCO_3 ve %6.1 organik madde içermektedir.

Deneme Deseni

Araştırma, deniz seviyesinden 36 m yükseklikte yer alan Göktürk Orman Fidanlığında (41°10'40" K, 28°52'58" D) yürütülmüştür. 2017-2023 yılları iklim verilerine göre, yıllık ortalama yağış 800 mm, ortalama sıcaklık 15.1 °C olup Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının maksimum sıcaklıklarının ortalaması sırasıyla 27.5°C, 29.0°C ve 29.5°C'dir (MGM 2023). Deneme deseni, tesadüf parselleri deneme deseni düzeninde üç tekrarlı şekilde oluşturulmuştur. Araştırma, bir vejetasyon periyodunda silikon bazlı gübrelemenin etkisini belirlemek için fidanlara beş farklı doz (fidan başına 0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g/fidan) uygulanmıştır. Çalışmada 10 fidan x 3 tekrerrü x 5 doz = 150 fidan kullanılmıştır.

Gübreleme Süreci

Silikon bazlı gübre, ilk defa 1 Mayıs 2024 tarihinde 0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g dozlarında 100 ml suda çözüldürülerek, ikinci kez ise 1 Ağustos 2024'te toz halinde (tarım uygulamalarında çoğunlukla bu çözüldürmeden uygulanmaktadır) fidanların kök boğazı etrafına uygulanmıştır. Gübreleme işlemlerinin ardından, deney süresince her gün fidanlar fidanlıkta yağmurlama sistemiyle tarla kapasitesince sulanmıştır. Kullanılan gübrenin (Almina, jeotermal biyomalzeme, Türkiye) içeriğı; %52.50 SiO_2 , %8.10 CaO , %3.70 SO_3 , %3 MgO , %1.10 Fe_2O_3 , %1.10 aljinik asit şeklindedir.

Morfolojik Ölçümler

Denemedeki tüm fidanların boyları (cm) cetvel, kök boğazı çapları (mm) ise dijital çap ölçer (0.01 mm) yardımıyla bir vejetasyon dönemi boyunca ayda bir kez olmak üzere Nisan, Mayıs (ilk gübrelemenin olduğu ay), Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ölçülmüştür. Ekim ayında fidan kök boğazı çapı ve fidan boyları bir önceki aydaki verilere çok yakın olduğu için büyümenin durduğuna kanaat getirilmiştir. Ekim ayı ölçümleri analizlere dahil edilmemiştir. Kök boğazı çapı ve boydaki

artım, y (artım) = $X_1 - X_0$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır; burada X_0 gübrelemenin başlandığı Mayıs 2024 değerleri, X_1 ise diğer aylardaki değerleri göstermektedir. Gürbüzlük indisi ise, $G_i = \text{Fidan boyu (cm)} / \text{kök boğazı çapı (mm)}$ formülü ile hesaplanmıştır.

Biyokütle

Vejetasyon periyodu sonunda (Kasım ayı ortası), tüm işlem gruplarından (0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g) altışar fidan hasat edilmiştir. Hasat edilen fidanların iğne yaprak, sürgün, gövde ve kökleri ayrılmış ve kese kağıtlarına etiketlenerek konulmuştur. Daha sonra, tüm örnekler 48 saat boyunca 65 °C'de kurutma fırında kurutulmuş ve ardından kuru kütlelerini (g) belirlemek için hassas terazide (0.01 g) tartılmıştır.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz, SPSS 17.0 (SPSS, 2010) paketi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Farklı silikon bazlı gübre doz (0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g) uygulamalarının kök boğazı çapı, fidan boyu, artım ve gürbüzlük indisine etkisi her ölçüm ay için ayrı ayrı tek-yönlü ANOVA ile test edilmiştir. Ayrıca farklı doz uygulamalarının vejetasyon sonunda iğne yaprak, sürgün, gövde, kök, toprak üstü ve toplam biyokütleye etkisi de tek-yönlü ANOVA ile ortaya konmuştur. Gruplar arasında herhangi bir anlamlı fark olup olmadığını tespit etmek için ortalamalar $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinde post-hoc testlerinden TUKEY testine tabi tutulmuştur.

BULGULAR

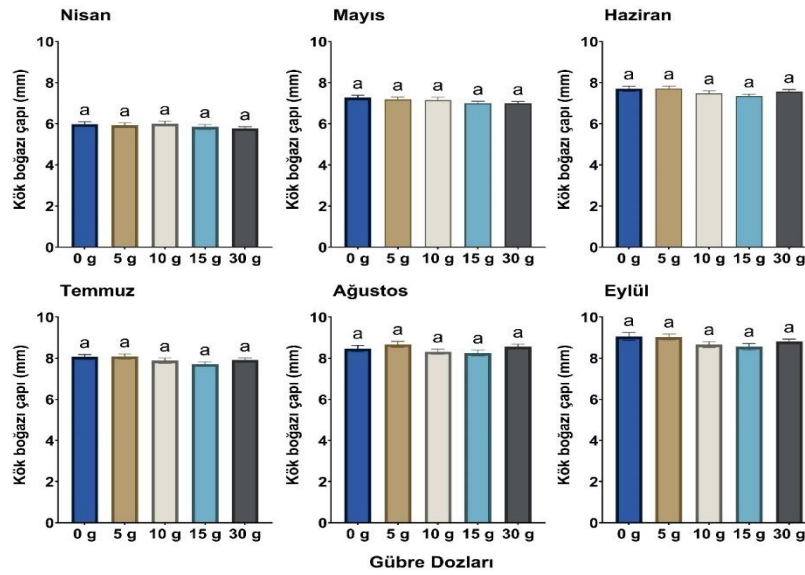
Silikon bazlı gübrelemenin ay bazında ortalama çap, boy ve gürbüzlük indisi değerlerine etkisi ANOVA ile test edilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, çap ve boy değerlerinde silikon bazlı gübre uygulamasını anlamlı etkisi görülmezken, Haziran ve Temmuz ayı ortalama gürbüzlük indisinde uygulanan silikon bazlı gübre dozlarının istatistiksel anlamda etkili olduğu ($p = 0.001$) görülmüştür (Çizelge 1).

Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarına ait fidanların ortalama kök boğazı çapı, fidan boyu ve gürbüzlük indisleri (G_i) Çizelge 1'de verilmiştir. Nisan ayı ortalama çaplar, 0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g doz işlem gruplarında sırasıyla 5.98 mm, 5.94 mm, 6.01 mm, 5.85

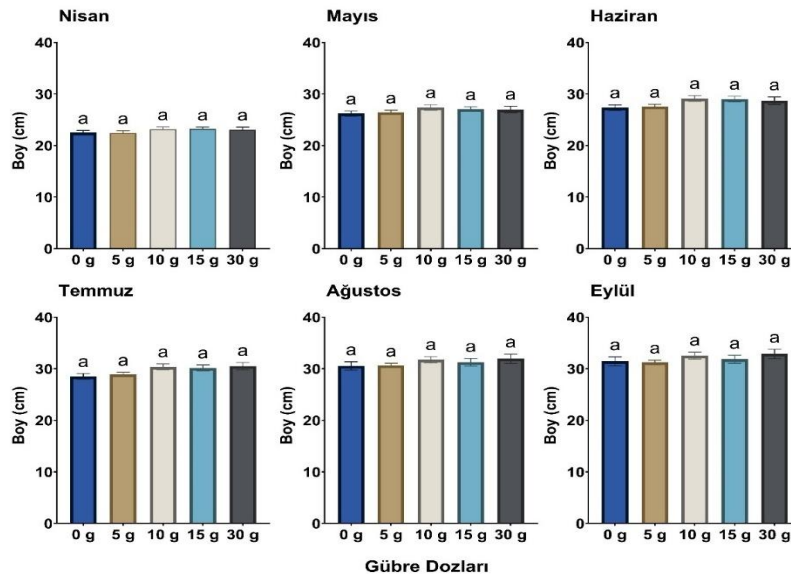
mm ve 5.77 mm iken, Eylül ayında bu değerler sırasıyla 9.06 mm, 9.03 mm, 8.66 mm, 8.56 mm ve 8.82 mm olarak ölçülmüştür. Nisan ayı ortalama boylar, 0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g doz işlem gruplarında sırasıyla 22.5 cm, 22.5 cm, 23.2 cm, 23.2 cm ve 23.0 cm iken, Eylül ayında bu değerler sırasıyla 31.4 cm, 31.2 cm, 32.5 cm, 31.8 cm ve 32.9 cm olarak ölçülmüştür. Nisan ayı ortalama G_i , 0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g doz işlem gruplarında sırasıyla 3.8, 3.8, 3.9, 4.0, 4.0 iken, Eylül ayında bu değerler sırasıyla 3.5, 3.3, 2.8, 3.7, 3.7 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1).

Silikon bazlı gübrelemenin çap, boy ve gürbüzlük indisi değerlerine etkisi aylara göre TUKEY gruplaması Şekil 1, 2

ve 3'te gösterilmiştir. TUKEY post hoc testi sonuçlarına göre farklı işlem gruplarındaki çap ve boy değerleri tüm aylarda aynı grupta toplandığı görülmüştür (Şekil 1, 2). Silikon bazlı gübrelemenin fıstıkçami fidanlarında Haziran (gübrelemeden bir ay sonra) ve Temmuz (gübrelemeden iki ay sonra) aylarında gürbüzlük indisini istatistiksel olarak artırdığı bulunmuştur (Şekil 3). 15 g doz uygulanmış fidanlarda Haziran ve Temmuz aylarında istatistiksel olarak en yüksek gürbüzlük indisine sahiptir. Ancak farklı doz uygulanmış gruplarda gürbüzlük indisi açısından sonraki aylarda grupsal farklılık bulunmamıştır.



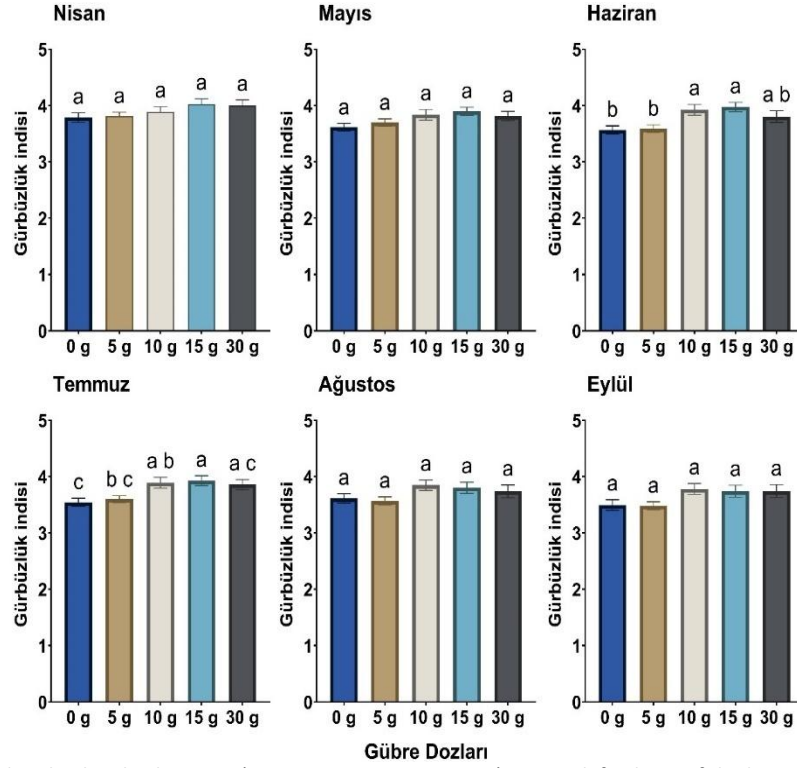
Şekil 1. Farklı dozlardaki silikon bazlı gübrelemenin (0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g) 2+0 yaşlı fıstıkçami fidanlarında kök boğazı çaplarına (n=24-30, ± standart hata) etkisinin TUKEY post hoc test sonuçları. Aynı harfler 0.05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak farklı olmayan değerleri ifade etmektedir



Şekil 2. Farklı dozlardaki silikon bazlı gübrelemenin (0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g) 2+0 yaşlı fıstıkçami fidanlarında fidan boylarına (n=24-30, ± standart hata) etkisinin TUKEY post hoc test sonuçları. Aynı harfler 0.05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak farklı olmayan değerleri ifade etmektedir

Çizelge 1. Farklı dozlardaki silikon bazlı gübre uygulamalarının fıstıkçamı fidanlarında ortalama kök boğazı çapı, boyu ve gürbüzlük indisi üzerindeki etkisinin tek-yönlü- ANOVA sonuçları (Nisan-Eylül Dönemi)

Ay	Değişken	Varyasyon kaynağı			
		Doz	Hata		
Nisan	Kök boğazı çapı	Serbestlik derecesi	4	145	
		Kareler ortalaması	0.296	0.355	
		F-değeri	0.834		
		P	0.506		
	Boy	Kareler ortalaması	4.225	5.571	
		F-değeri	0.758		
		P	0.554		
	Gürbüzlük indisi	Kareler ortalaması	0.352	0.232	
		F-değeri	1.517		
		P	0.2		
	Mayıs	Kök boğazı çapı	Serbestlik derecesi	4	145
			Kareler ortalaması	0.469	0.383
F-değeri			1.225		
P			0.302		
Boy		Kareler ortalaması	6.999	7.73	
		F-değeri	0.905		
		P	0.463		
Gürbüzlük indisi		Kareler ortalaması	0.381	0.181	
		F-değeri	2.105		
		P	0.083		
Haziran		Kök boğazı çapı	Serbestlik derecesi	4	145
			Kareler ortalaması	0.725	0.387
	F-değeri		1.873		
	P		0.118		
	Boy	Kareler ortalaması	20.77	9.601	
		F-değeri	2.163		
		P	0.076		
	Gürbüzlük indisi	Kareler ortalaması	1.048	0.218	
		F-değeri	4.807		
		P	0.001		
	Temmuz	Kök boğazı çapı	Serbestlik derecesi	4	145
			Kareler ortalaması	0.667	0.388
F-değeri			1.719		
P			0.149		
Boy		Kareler ortalaması	25.03	10.02	
		F-değeri	2.498		
		P	0.055		
Gürbüzlük indisi		Kareler ortalaması	0.954	0.202	
		F-değeri	4.723		
		P	0.001		
Ağustos		Kök boğazı çapı	Serbestlik derecesi	4	127
			Kareler ortalaması	0.837	0.499
	F-değeri		1.677		
	P		0.159		
	Boy	Kareler ortalaması	10.31	12.68	
		F-değeri	0.813		
		P	0.519		
	Gürbüzlük indisi	Kareler ortalaması	0.404	0.226	
		F-değeri	1.788		
		P	0.135		
	Eylül	Kök boğazı çapı	Serbestlik derecesi	4	128
			Kareler ortalaması	1.304	0.625
F-değeri			2.086		
P			0.086		
Boy		Kareler ortalaması	13.38	13.9	
		F-değeri	0.963		
		P	0.43		
Gürbüzlük indisi		Kareler ortalaması	0.588	0.238	
		F-değeri	2.471		
		P	0.052		



Şekil 3. Farklı dozlardaki silikon bazlı gübrelemenin (0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g) 2+0 yaşlı fıstıkçami fidanlarında gürbüzlük indisine (n=24-30, ± standart hata) etkisinin TUKEY post hoc test sonuçları. Aynı harfler 0.05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak farklı olmayan değerleri ifade etmektedir

Farklı dozdaki gübrelemenin çap ve boy artımına etkisi ANOVA ile test edilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre, gübrelemenin Mayıs-Haziran dönemi çap ($p=0.014$) ve boy ($p=0.001$) artımında etkili olduğu görülmüştür. Mayıs-Temmuz dönemindeki gübrelemenin ortalama çap

artımını istatistiksel anlamda değiştirmedığı ($p=0.101$), boy artımını ise değiştirdiği bulunmuştur ($p=0.003$). Diğer dönemlerde ise gübrelemenin ortalama çap ve boy artımı üzerine istatistiksel etkisi tespit edilmemiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı dozlardaki silikon bazlı gübre uygulamalarının fıstıkçami fidanlarında kök boğazı çapı ve boy artımı değerlerindeki tek-yönlü ANOVA sonuçları (Mayıs-Eylül Dönemi)

Ay	Değişken	Varyasyon kaynağı		
		Doz	Hata	
Mayıs-Haziran	Çap artımı	Serbestlik derecesi	4	145
		Kareler ortalaması	0.318	0.099
		F-değeri	3.212	
		P	0.014	
		Kareler ortalaması	4.245	0.867
Mayıs-Temmuz	Çap artımı	Serbestlik derecesi	4	145
		Kareler ortalaması	0.247	0.125
		F-değeri	1.976	
		P	0.101	
		Kareler ortalaması	7.404	1.784
Mayıs-Ağustos	Boy artımı	Serbestlik derecesi	4	127
		Kareler ortalaması	0.592	0.229
		F-değeri	2.585	
		P	0.051	
		Kareler ortalaması	3.246	3.808
Mayıs-Eylül	Çap artımı	Serbestlik derecesi	4	128
		Kareler ortalaması	0.555	0.275
		F-değeri	2.018	
		P	0.095	
		Kareler ortalaması	6.348	5.18
Mayıs-Eylül	Boy artımı	Serbestlik derecesi	4	128
		Kareler ortalaması	0.555	0.275
		F-değeri	2.018	
		P	0.095	
		Kareler ortalaması	6.348	5.18

Gübrelemenin yapıldığı ay (Mayıs) baz alınarak çap ve boy ortalama artımları hesaplanmış ve bu artım değerleri Çizelge 2’te verilmiştir.

Buna göre Mayıs-Haziran dönemindeki en fazla ortalama çap artışı (0.62 mm) 30 g doz grubunda olurken, en fazla ortalama boy artımı ise 1.8 cm ile 15 g doz grubunda tespit edilmiştir. Mayıs-Temmuz dönemindeki en fazla ortalama çap (0.96 mm) ve boy artımı (3.3 cm) 30 g doz grubunda bulunmuştur. Mayıs-Ağustos döneminde de en fazla ortalama çap (1.55 mm) ve boy artımı (4.7 cm) 30 g doz grubunda bulunmuştur (Çizelge 2).

Doz grupları ortalama çap ve boy artımları TUKEY post hoc testi ile gruplandırılmıştır (Şekil 4). TUKEY sonuçlarına göre, Mayıs-Haziran döneminde doz grupları çap artımı açısından üç gruba ayrılmış ve 30 g doz grubu tek başına ayrı grup oluşturmuştur. Ancak bu istatistiksel olarak anlamlı çap artımı farkının diğer aylarda devam etmediği (suda çözüldürmeden), tüm dozların aynı grupta toplandığı tespit edilmiştir (Şekil 4).

Gübrelemenin etkisi ile bir ay sonunda (Mayıs-Haziran), 15 g doz grubu ortalama boy açısından tek başına grup oluştururken, iki ay sonra (Mayıs-Temmuz) 30 g doz grubu

ayrı grupta toplanmış ve en yüksek değeri göstermiştir. Benzer eğilim sonraki aylarda da devam etse de istatistiksel olarak gruplar arasında bir farklılık bulunmamıştır (Şekil 4).

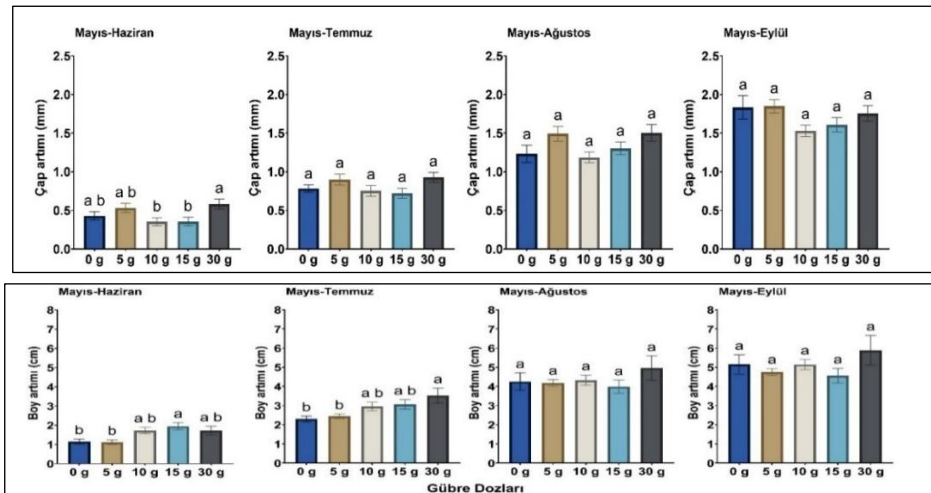
ANOVA sonuçlarına göre, farklı doz gübrelemenin iğne yaprak ($p=0.637$), sürgün ($p=0.787$), gövde ($p=0.626$), kök ($p=0.077$), toprak üstü ($p=0.689$) ve toplam biyokütle ($p=0.132$) değerlerine istatistiksel anlamda bir etki etmediği görülmüştür (Çizelge 3).

Ayrıca yapılan TUKEY post hoc testine göre de farklı doz grupları biyokütleler açısından aynı grupta toplandığı görülmüştür (Şekil 5).

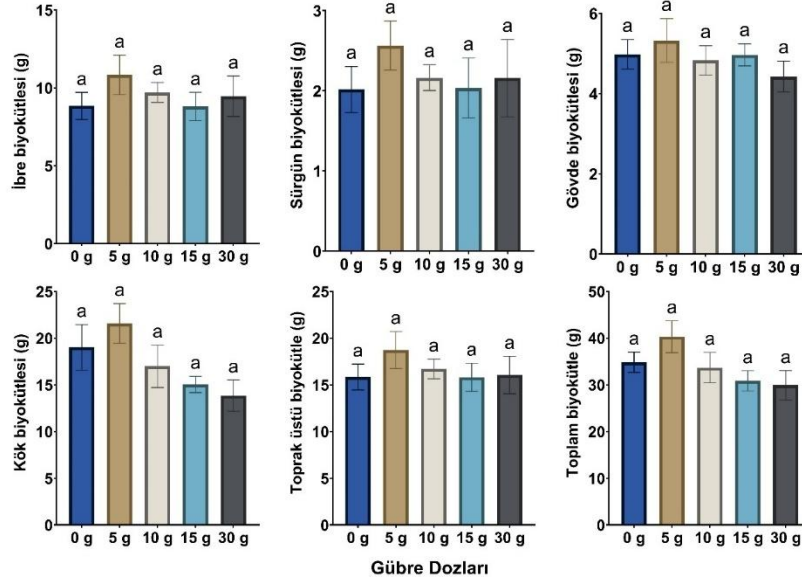
Vejetasyon dönemi sonunda farklı doz gübrelemenin ibre, sürgün, gövde ve kök, biyokütle değerleri Çizelge 3’te verilmiştir. En fazla ortalama ibre biyokütlesi 10.1 g ile 30 g doz grubunda, en fazla ortalama sürgün biyokütlesi 2.6 g ile 5 g doz grubunda, en fazla ortalama gövde biyokütlesi 5.2 g ile 15 g doz grubunda, en fazla kök biyokütlesi 21.3 g ile 5 g doz grubunda, en fazla toprak üstü biyokütle 18.7 g ile 5 g doz grubunda, en fazla toplam biyokütle 37.7 g ile 5 g doz grubunda tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı dozlardaki silikon bazlı gübre uygulamalarının fıstıkçami fidanlarında iğne yaprak, sürgün, gövde, kök, toprak üstü ve toplam biyokütle değerlerindeki tek-yönlü ANOVA sonuçları. Sd serbestlik değişkeni, KO kareler ortalaması, F F değeri

Değişken	sd	İbre				Sürgün			Gövde			Kök			Toprak üstü			Toplam		
		KO	F	P	KO	F	P	KO	F	P	KO	F	P	KO	F	P	KO	F	P	
Varyasyon	Doz	4	3.43	0.65	0.64	0.25	0.43	0.79	0.53	0.66	0.63	47.7	2.48	0.08	7.55	0.57	0.69	83.8	2.0	0.13
	Hata	20	5.31			0.57			0.79			19.2			13.3			41.7		



Şekil 4. Farklı dozlardaki silikon bazlı gübrelemenin (0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g) 2+0 yaşlı fıstıkçami fidanlarında kök boğazı çap ve fidan boy artımına ($n=24-30$, \pm standart hata) etkisinin TUKEY post hoc test sonuçları. Aynı harfler 0.05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak farklı olmayan değerleri ifade etmektedir



Şekil 5. Farklı dozlardaki silikon bazlı gübrelemenin (0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g) 2+0 yaşlı fıstıkçamı fidanlarında iğne yaprak, sürgün, gövde, kök, toprak üstü ve toplam biyokütle (n=6, ± standart hata) etkisinin TUKEY post hoc test sonuçları. Aynı harfler 0.05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak farklı olmayan değerleri ifade etmektedir

TARTIŞMA

Silikon bazlı gübre kullanımı, özellikle fidanların dikim sonrası performansını artırma potansiyeli nedeniyle giderek önem kazanmaktadır (Oszako ve ark. 2023). Ancak, silikonun orman ağacı fidanlarının büyümesini ve genel fidan kalitesini iyileştirdiğine dair yapılan çalışmalar (Emadian ve Newton 1989, Oszako ve ark. 2023) halen oldukça sınırlıdır. Şimdiye kadar, silikon bazlı gübrelemenin fıstıkçamı fidanlarında büyüme performansı üzerine bir çalışma yapılmamıştır.

Mayıs ayında uygulanan silikon bazlı gübrelemenin (suda çözündürülmüş) fıstıkçamı fidanlarında 1 ay sonra Mayıs-Haziran döneminde çap ($p=0.014$) ve boy ($p=0.001$) artımını anlamlı etki ettiği görülmüştür. Devam eden aydaki ölçüm döneminde (Mayıs-Temmuz dönemi) gübre dozlarının çap artımında ($p=0.101$) anlamlı etki yapmazken boy artımında ($p=0.003$) anlamlı etki yapmıştır. Başka bir ifadeyle, silikon bazlı gübrelemenin fıstıkçamı fidanlarında bir vejetasyon boyunca büyüme ve fidan kalitesine etkisinin incelendiği bu çalışmada, suda çözündürülmüş şekilde verilen dönemde (Mayıs-Temmuz arasında) gübrenin G_i değerine, çap ve boy artımına istatistiksel anlamda etki ettiği tespit edilmiştir. Gübreleme işleminin ikinci aşamasında (Ağustos sonrası dönemde) toz formunda (suda çözündürülmeden) verilen

gübrenin bu istatistiksel etkiyi devam ettirmediği görülmüştür. Bu bulgu, tarım uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bu uygulama yönteminin orman ağacı fidanlarında daha detaylı araştırmalara ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim, Oszako ve ark. (2023), sarıçam fidanları üzerinde yaptıkları çalışmada, suda çözündürülmüş silikon bazlı gübre uygulanmasının olumlu etkilerini rapor etmiştir. Parlak ve Güner (2017) ise, 2+0 yaşlı karaçam fidanlarına uyguladıkları biyogübrenin, fidan boyu ve çapı üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık oluşturmadığını bildirmiştir.

Kök boğazı çapı fidanın hem büyümesinin hem de hayatta kalmasında oldukça istikrarlı ve istatistiksel olarak önemli bir gösterge olarak belirtilmektedir (Mason 2001, Ivetic ve ark. 2016a,b). Fidanların kök boğazı çapı ve fidan boyu başlangıç değerleri, fidanın hayatta kalma başarısı ve büyüme verimliliğinde önemli bir kriter olduğuna birçok çalışmada işaret edilmektedir (Mason 2001, Olivo ve Buduba 2006, Ivetic ve ark. 2016a,b). Bunun aksine Semerci (2005), Toros sediri fidanlarının başlangıç boy ve kök boğazı çaplarının hayatta kalma başarısı ile bir ilişki olmadığını tespit etmiştir. Kaliteli fidan dikimi fidan tutma başarısını garantilemese de fidanların tutma başarısı ve büyüme şanslarını artıracaktır (Grossnickle ve MacDonald 2018).

Kök boğazı çapı ile fidan boyu arasındaki etkileşim, fidanların kalite göstergelerinin tahmin edilmesini mümkün kılmaktadır. Örneğin, sarıçam fidanları üzerinde yapılan bir çalışmada, çaptaki 1 mm'lik artış, ortalama olarak boydaki 0.72 cm'lik bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir (Novikova ve ark. 2023). Çam türleri için, fidan boyu ile kök boğazı çapının oranı gürbüzlük indisi olarak tanımlanmaktadır (Thompson 1985). Gürbüzlük indisi kök boğazı çapı-boy ilişkisi olup, büyüme ve hayatta kalmayı tahmin etmede bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Gürbüzlük indisinin küçük olması, özellikle rüzgârlı veya kurak alanlarda hayatta kalma şansı daha yüksek olan sağlam bir fidanı göstermektedir (Jaenicke 1999). Ayrıca, Jiang ve ark. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada gösterildiği gibi, bu göstergeler arasındaki yakın korelasyon, en iyi ağaçların seçilmesine katkıda bulunabilir.

Bu çalışmada, ANOVA sonuçlarına göre, çap ve boy değerlerinde silikon bazlı gübre uygulamasının anlamlı etkisi görülmezken, Haziran ve Temmuz ayı ortalama gürbüzlük indisinde uygulanan silikon bazlı gübre dozlarının istatistiksel anlamda etkili olduğu ($p=0.001$) görülmüştür. Mayıs başında yapılan gübrelemeden bir ve iki ay sonra Haziran ve Temmuz ayında, boy değerlerindeki artıştan dolayı Gİ değerinin en yüksek 10 g ve 15 g doz uygulanan fidanlarda olduğu görülmüştür. Mayıs-Haziran dönemindeki en fazla ortalama çap artışı 30 g doz grubunda olurken, en fazla ortalama boy artımı ise 1.8 cm ile 15 g doz grubunda tespit edilmiştir. Mayıs-Temmuz döneminde ise en fazla boy artımı 3.3 cm ile 30 g doz uygulanan fidanlarda bulunmuştur. Boy artımına bağlı olarak Gİ indisi değerinin artması dezavantaj gibi görünse de, Yahyaoğlu ve Genç (2007)'e göre $Gİ < 5$ 'ten küçük olması iyi fidan değerleri aralığında kalmıştır. Shi ve ark. (2019) yaptığı çalışmada, *Pinus tabuliformis* fidanlarında sürgün büyümesi ve N alımının kontrollü salınımlı gübreleme ile arttığını belirlemişlerdir. Kolevska ve ark. (2020) ise 1+0 yaşlı kaplı *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* ve *Pinus pinaster* fidanların büyüme dinamikleri ve kalite özellikleri araştırarak kalite oranları ve indeksleri hesaplanmıştır. *Pinus cembroides* fidanlarında yapılan çalışmada substrattan bağımsız olarak, yüksek gübre dozu çoğu morfolojik değişkeni iyileştirdiği görülmüştür (Madrid-Aispuro ve ark. 2020). Farklı dozlarda kontrollü

salınımlı gübrelerin (Multicote Agri gibi) *Pinus patula* fidanlarının kök boğazı çapı, boyu ve gürbüzlük indisi üzerine pozitif etki ettiği belirtilmektedir (Heras-Marcial ve ark. 2023). Fidan boyu açısından, vejetasyon dönemi sonunda fidanların maksimum yüksekliği ve minimum kök boğazı çapı, bir yaşındaki *Pinus pinaster* fidanları için piyasa gereksinimlerinden (sırasıyla 30 cm ve 2 mm) daha büyük olduğunu ve çalışmada uygulanan N gübrelemesinin bu özelliklerin gelişimini artırdığına kanaat getirmişlerdir (Al Pavel ve ark. 2024).

Farklı dozlarda uygulanan silikon bazlı gübrelemesinin fıstıkçamı fidanlarının iğne yaprak, sürgün, gövde, kök, toprak üstü ($p=0.689$) ve toplam biyokütle ($p=0.132$) değerlerine anlamlı etki etmediği görülmüştür. Gübre uygulamasının biyokütle üzerindeki etkisizliğinin, silikonun morfolojik büyüme ve biyokütle birikimi üzerindeki farklı etki mekanizmalarından kaynaklanabileceği düşünülebilir. Nitekim Emadian ve Newton (1989), silikonun hücre genişlemesini artırarak *Pinus taeda* fidanlarında büyümeyi desteklediğini saptamıştır.

Bu çalışma, bir vejetasyon süresi boyunca silikon bazlı bir gübrelemenin tek bir populasyondan elde edilen fıstıkçamı fidanları üzerinde yürütülmüştür. Silikon bazlı gübrelemenin ardışık yıllarda tekrarı ile fidanların morfolojik ve fizyolojik parametreler üzerindeki etkisi araştırmaya değer bir konudur. Ayrıca, silikon bazlı gübre ile fidanlıkta yetiştirilmiş fidanların arazi performansının değerlendirilmesi değerli veriler sağlayabilir. Fidanlık ön koşullandırma aşaması önemli olup, fidanların morfolojik ve fizyolojik özelliklerine göre en kaliteli olanları seçilmeli ve bu da fidanların genetik özelliklerine ve fidanlıkta uygulanan tekniklere bağlı olacağı unutulmamalıdır. Nitekim Landhäusser ve ark. (2023), fidanın büyümesini ve çevresel stres faktörlerinin etkilerini tahmin ederken, fidanların başlangıç özelliklerinin (hem morfolojik hem de fizyolojik) dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada, farklı dozlarda (0 g, 5 g, 10 g, 15 g ve 30 g) uygulanan silikon bazlı gübrelemenin fıstıkçamı fidanlarının gürbüzlük indisi, çap ve boy artımına etkisi

incelenmiştir. Düşük dozlar (0 g ve 5 g) belirgin olarak daha az boy artışı sağlarken, orta ve yüksek dozlar (10 g, 15 g ve 30 g) daha iyi sonuçlar vermiştir. Mevcut çalışma, orman ağacı fidanlarındaki silikon bazlı gübre uygulamasının fidan büyüme dinamikleri üzerine sınırlı literatüre önemli bir katkı sağlamıştır. Suda çözündürülerek uygulanan silikon bazlı gübre, Mayıs-Haziran döneminde fidanların çap ve boy artışına olumlu etki ederek gürbüzlük indisi değerini iyileştirmiştir. Ağustos ayında toz halinde (suda çözündürülmeden) uygulanan gübrenin aynı etkiyi göstermemesi, uygulama yöntemine dikkat edilmesi gerektiğine işaret edebilir. Ormanlık uygulamalarında silikon bazlı gübrelerin kullanımına yönelik daha spesifik ve detaylı araştırmaların gerekliliğine işaret etmektedir. Bu çalışma, silikon bazlı gübrelemenin fidan gelişimi üzerindeki potansiyel önemine ve optimum dozajın belirlenmesi gerekliliğine dikkat çekmektedir. Gelecek çalışmalar, belirlenen bu dozların uzun vadeli etkileri ve farklı çevresel koşullardaki performansları üzerine odaklanabilir.

TEŞEKKÜR

Göktürk Orman Fidanlık Şefi Sayın Emre ÜLKER, Sayın Orman Yüksek Mühendisi Güven KAVRAZ, Sayın Orman Mühendisi Ömer Buğra AVCI ve fidanlık çalışanlarına katkılarından dolayı teşekkür ediyorum. Almina gübresini bize sağladığı ve bu çalışmayı yürütme fırsatını sunduğu için Sayın Serhat KAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- Al Pavel MA, Bravo F, Ordóñez C, Rodríguez-García E (2024) Linking the effects of nursery light and fertilization and post-transplant first summer irrigation on the field survival and growth of *Pinus pinaster* seedlings. *New Forests*, 55(2):251-271. <https://doi.org/10.1007/s11056-023-09973-x>
- Ashfaq W, Brodie G, Fuentes S, Pang A, Gupta D (2024) Silicon improves root system and canopy physiology in wheat under drought stress. *Plant and Soil*, 502(1):279-296. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06202-4>
- Ayan S, Civek E, Çelik ENY, Gülseven O, Akin ŞS, Yılmaz E (2020) Akdeniz ve Arizona servisi fidanlarının morfolojik kalite özellikleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2):580-590. <https://doi.org/10.24011/barofd.707871>
- Aytaş V, Tilki F (2012) Fidan tipi ve dikim zamanının Erzurum-Tortum yöresinde sarıçamın (*Pinus sylvestris* L.) dikim başarısına etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(1):13-24.

- Balekoglu S, Caliskan S, Dirik H (2020) Effects of geoclimatic factors on the variability in *Pinus pinea* cone, seed, and seedling traits in Turkey native habitats. *Ecological Processes*, 9:1-13. <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00264-3>
- Balekoglu S, Caliskan S, Makineci E, Dirik H (2021) Influence of seed nitrogen and carbon on germination in different populations of stone pine. *Erwerbs-Obstbau*, 63:369-374. <https://doi.org/10.1007/s10341-021-00593-3>
- Balekoglu S, Caliskan S, Dirik H, Rosner S (2023a) Response to drought stress differs among *Pinus pinea* provenances. *Forest Ecology and Management*, 531:120779. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120779>
- Balekoglu S, Caliskan S, Makineci E, Dirik H (2023b) An experimental assessment of carbon and nitrogen allocation in *Pinus pinea* populations under drought stress and rewatering treatment. *Environmental and Experimental Botany*, 210:105334. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105334>
- Boydak M, Çalışkan S (2014) Ağaçlandırma. Ormanlığı Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı (OGEM-VAK) Yayını, İstanbul.
- Boydak M, Çalışkan S (2015) Afforestation in Arid and Semi-Arid Regions. The General Directorate of Combating Desertification and Erosion 64.
- Chauhan SK, Sharma R (2017) Growth and quality indices of different nitrogen fixing tree nursery plants. *Indian J Ecol*, 44(2):344-347.
- Coskun D, Deshmukh R, Sonah H, Menzies JG, Reynolds O, Ma JF, Bélanger RR (2019) The controversies of silicon's role in plant biology. *New Phytologist*, 221(1):67-85. <https://doi.org/10.1111/nph.15343>
- Çalışkan S, Boydak M (2017) Afforestation of arid and semiarid ecosystems in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41:317-330. <https://doi.org/10.3906/tar-1702-39>
- Çalışkan S, Balekoğlu S, Dirik H (2023) Orman Ağaçlarında Kuraklık Stresi, İklim Değişikliği: Orman Ekosistemlerinde Etkileri ve Yönetimi. Palme Yayınevi, 29-51.
- Deligöz A, Genç M, Özçelik H (2009) Kalite sınıflamasının Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] fidanlarının arazi performansına etkisi. *Turkish Journal of Forestry*, 10(2):37-50.
- Emadian SF, Newton RJ (1989) Growth enhancement of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seedlings by silicon. *Journal of Plant Physiology*, 134(1):98-103. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(89\)80209-3](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(89)80209-3)
- Grossnickle SC, MacDonald JE (2018) Seedling quality: history, application, and plant attributes. *Forests*, 9(5):283. <https://doi.org/10.3390/f9050283>
- Heras-Marcial M, Aldrete A, Gómez-Guerrero A, Rodríguez-Trejo DA (2023) Influence of fertilization on survival and growth of *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. under nursery and field conditions. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 29(1):3-14. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2022.03.019>
- Huang H, Wu H, López R, Yin D, Shen H, Zhang P (2022) Effects of pre-hardening and autumn fertilization on biomass allocation and root morphology of *Pinus koraiensis* seedlings. *Forests*, 14(1):59. <https://doi.org/10.3390/f14010059>
- Irfan M, Maqsood MA, Rehman HU, Mahboob W, Sarwar N, Hafeez OBA, ... Aziz T (2023) Silicon nutrition in plants under water-deficit conditions: overview and prospects. *Water*, 15(4):739. <https://doi.org/10.3390/w15040739>

- Ivetić V, Devetaković J, Maksimović Z (2016a) Initial height and diameter are equally related to survival and growth of hardwood seedlings in first year after field planting. *Reforesta*, (2):6-21. <https://doi.org/10.21750/REFOR.2.02.17>
- Ivetić V, Grossnickle S, Škorić M (2016b) Forecasting the field performance of Austrian pine seedlings using morphological attributes. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 10(1):99. <https://doi.org/10.3832/ifer1722-009>
- Ivetić V, Maksimović Z, Kerkez I, Devetaković JR (2017) Seedling quality in serbia—results from a three-year survey. *Reforesta*, (4):27-53. <https://doi.org/10.21750/REFOR.4.04.43>
- Jaenicke H (1999) Good Tree Nursery Practices: Practical Guidelines for Research Nurseries. World Agroforestry Centre. ICRAF, Majestic Printing Works, Nairobi.
- Jiang L, Xu X, Cai Q, Han R, Tigabu M, Jiang T, Zhao X (2022) Variations in growth and photosynthetic traits of polyploid poplar hybrids and clones in northeast China. *Genes*, 13(11):2161. <https://doi.org/10.3390/genes13112161>
- Khan I, Awan SA, Rizwan M, Brestic M, Xie W (2023) Silicon: an essential element for plant nutrition and phytohormones signaling mechanism under stressful conditions. *Plant Growth Regulation*, 100(2):301-319. <https://doi.org/10.1007/s10725-022-00872-3>
- Kolevska DD, Dimitrova A, Cokoski K, Basova M (2020) Growth and quality of *Pinus nigra* (Arn.), *Pinus sylvestris* (L.) and *Pinus pinaster* (Aiton) seedlings in two container types. *Reforesta*, 9:21–36. <https://doi.org/10.21750/REFOR.9.04.78>
- Landhäusser SM, Wiley ET, Solarik KA, Kulbaba SP, Goepfel AE (2023) The importance of initial seedling characteristics in controlling allocation to growth and reserves under different soil moisture conditions. *Forests*, 14(4):796. <https://doi.org/10.3390/f14040796>
- Ma JF, Yamaji N (2006) Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*, 11:392–397. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.06.007>
- Ma JF, Yamaji N (2008) Functions and transport of silicon in plants. *Cell Mol Life Sci*, 65:3049–3057. <https://doi.org/10.1007/s00018-008-7580-x>
- Madrid-Aispuro RE, Prieto-Ruiz JA, Aldrete A, Hernández-Díaz JC, Wehenkel C, Chávez-Simental JA, Mexal JG (2020) Alternative substrates and fertilization doses in the production of *Pinus cembroides* Zucc. in nursery. *Forests*, 11(1):71. <https://doi.org/10.3390/f11010071>
- MGM (2023) Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2017-2023 Yılları Arası İklim Verileri. Ankara.
- Mañas P, Castro E, de las Heras J (2009) Quality of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) seedlings using waste materials as nursery growing media. *New Forests*, 37:295-311. <https://doi.org/10.1007/s11056-008-9125-4>
- Mason EG (2001) A model of the juvenile growth and survival of *Pinus radiata* D. Don; adding the effects of initial seedling diameter and plant handling. *New Forest*, 22:133–158. <https://doi.org/10.1023/A:1012393130118>
- Novikova TP, Tylek P, Mastrangelo CB, Drapaluk MV, Kharin SV, Novikov AI (2023) The root collar diameter growth reveals a strong relationship with the height growth of juvenile scots pine trees from seeds differentiated by spectrometric feature. *Forests*, 14(6):1164. <https://doi.org/10.3390/f14061164>
- Olivo VB, Buduba CG (2006) Influence of six substrates in *Pinus ponderosa* grown in containers under greenhouse conditions. *Bosque*, 27(3):267–271. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002006000300007>
- Ozako T, Kowalczyk K, Zalewska W, Kukina O, Nowakowska JA, Rutkiewicz A, ... Borowik P (2023) Feasibility of using a silicon preparation to promote growth of forest seedlings: application to pine (*Pinus sylvestris*) and Oak (*Quercus robur*). *Forests*, 14(3):577. <https://doi.org/10.3390/f14030577>
- Öner N, Kondur Y, Simsek Z, Aslan S (2015) Evaluation of survival ratios and growth of the common plantation species (*Black pine* and *Taurus cedar*) on arid and semiarid sites in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(9a):2906-2915.
- Parlak S, Güner D (2017) Mikrobiyal gübre uygulamasının karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. Pallasiana (Lamb.) Holmboe) fidanlarının bazı morfolojik özelliklerine etkisi. *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 4(2):100-106. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.337884>
- Semerçi A (2005) Fifth year performance of morphologically graded *Cedrus libani* seedling in the Central Anatolia region of Turkey. *Turk J Agric For*, 29:483–491.
- Shi W, Grossnickle SC, Li G, Su S, Liu Y (2019) Fertilization and irrigation regimes influence on seedling attributes and field performance of *Pinus tabulaeformis* Carr. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 92(1):97-107. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy035>
- Shreckhise JH, Altland JE (2024) A base layer of ferrous sulfate-amended pine bark reduces phosphorus leaching from nursery containers. *Agronomy*, 14(4):757. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040757>
- Singh A, Kumar A, Hartley S, Singh IK (2020) Silicon: its ameliorative effect on plant defense against herbivory. *Journal of Experimental Botany*, 71:6730–6743. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa300>
- SPSS (2010) IBM SPSS Statistics 19 Core System User's Guide. SPSS Inc., Chicago.
- Tapwal A, Kapoor KS, Thakur Y (2022) Growth enhancement in containerized *Pinus gerardiana* seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi. *Archives of Microbiology*, 204(12):724. <https://doi.org/10.1007/s00203-022-03328-4>
- Thompson BE (1985) Seedling Morphological Evaluation: What You Can Tell By Looking. In: Duryea ML (Ed) Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Ability of Major Tests. Oregon State University, Forest Research Laboratory, Corvallis, pp 59–72.
- Tramblay Y, Koutroulis A, Samaniego L, Vicente-Serrano SM, Volaire F, Boone A, ... Polcher J (2020) Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios. *Earth-Science Reviews*, 210:103348. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103348>
- Ürgenç S (1988) Genel Plantasyon ve Ağaçlandırma Tekniği. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, No:444, İstanbul.
- Vaculík M, Lukačová Z, Bokor B, Martinka M, Tripathi DK, Lux A (2020) Alleviation mechanisms of metal (loid) stress in plants by silicon: a review. *Journal of Experimental Botany*, 71(21):6744-6757. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa288>
- Wang B, Zhang J, Pei D, Yu L (2021) Combined effects of water stress and salinity on growth, physiological, and biochemical traits in two walnut genotypes. *Physiologia Plantarum*, 172:176–187. <https://doi.org/10.1111/ppl.13316>
- Yahyaoğlu Z, Genç M (2007) Fidan Standardizasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No: 75, Isparta, 555 s.
- Yer EN, Baloglu MC, Ziplar UT, Ayan S, Unver T (2016) Drought-responsive Hsp70 gene analysis in populus at genome-wide level. *Plant Molecular Biology Reporter*, 34:483-500. <https://doi.org/10.1007/s11105-015-0933-3>

Rize'deki Taş Ocağı Çevresinde Yetişen Hedera helix L.'de Ağır Metal Kirliliğinin Değerlendirilmesi

Assessment of Heavy Metal Pollution in Hedera helix L. Growing Around the Quarry in Rize

Şule GÜZEL İZMİRLİ*¹ 

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Rize, Türkiye

Eser bilgisi / Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1724782](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1724782)

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Şule GÜZEL İZMİRLİ

e-mail: sule.guzel@erdogan.edu.tr

Geliş tarihi / Received

22.06.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

26.09.2025

Kabul Tarihi / Accepted

26.09.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Ağır metal

Hedera helix L.

Rize

Taş ocağı

Türkiye

Keywords:

Heavy metal

Hedera helix L.

Rize

Quarry

Türkiye

Özet

Bu çalışmada, taş ocağı faaliyetlerinin *Hedera helix* L. bitkisinin ağır metal içeriği üzerindeki etkisi araştırıldı. Aktif ve pasif taş ocakları ile kontrol alanından alınan *H. helix* yapraklarında krom (Cr), demir (Fe), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn), arsenik (As), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), mangan (Mn) ve kobalt (Co) konsantrasyonları indüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) ile analiz edildi. En yüksek ağır metal konsantrasyonları aktif taş ocakları alanından alınan bitki örneklerinde bulundu. Yıkılmamış yaprakların, yıkılmış yapraklara oranla daha yüksek miktarda ağır metal biriktirdiği görüldü. Fe, Cu, Zn, Cd ve Mn içeriklerinin kritik ve toksik değerleri aştığı tespit edildi. Pearson korelasyon analizine göre tüm elementler arasında pozitif yönde ve yüksek seviyede istatistiksel olarak önemli ilişki bulundu. Bu çalışma ile çalışma sahasındaki taş ocağı faaliyetlerinin sahanın etrafındaki ekosistem üzerinde olumsuz etkilerinin olabileceği ve bu durumun çevresel bir soruna dönüşmeden önce zamanında kontrol edilmesi gerektiği ön görülmüştür.

Abstract

In this study, the effects of quarry activities on the heavy metal content of *Hedera helix* L. plant were investigated. Chromium (Cr), iron (Fe), nickel (Ni), copper (Cu), zinc (Zn), arsenic (As), lead (Pb), cadmium (Cd), manganese (Mn) and cobalt (Co) concentrations in the leaves of *H. helix* L. taken from active and passive quarries and the control area were analyzed by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). Plant samples collected from active quarry areas exhibited the highest heavy metal concentrations. Unwashed leaves accumulated greater amounts of heavy metals than washed leaves. The levels of Fe, Cu, Zn, Cd, and Mn were found to exceed critical and toxic thresholds, indicating significant environmental contamination. According to Pearson correlation analysis, a significant positive and high-level relationship was found between all elements. This study predicted that quarry activities in the study area may harm the ecosystem around the site, and this situation should be checked on time before it turns into an environmental problem.

GİRİŞ

Ağır metaller ciddi çevre kirleticileridir ve toksisiteleri ekolojik, evrimsel, beslenme ve çevresel nedenlerden dolayı giderek daha önemli hale gelmektedir (Nagajyoti ve ark. 2010, Jaishankar ve ark. 2014). Ağır metaller toprakta ve bitkilerde birikme kabiliyetine sahip uzun vadeli kirleticiler grubunda yer almaktadır (White ve LeTard 2002). Metal zararlılığı bitkiler üzerinde olağanüstü bir etkiye ve öneme sahiptir ve nihayetinde tüm ekosistem bundan etkilenebilmektedir. Bu toksik ağır metaller, birikmenin yanı sıra büyümeyi geciktirir, ekosistemin verimliliğini düşürür ve tüm ekosistemin metabolizmasını büyük ölçüde değiştirebilir. Bu da bu bitkilerin ve ekosistemin tüketicilerinin fizyolojik ve biyokimyasal karakterlerini etkiler (Nagajyoti ve ark.

2010). Topraklarda yüksek metal konsantrasyonları, mikrobiyal topluluk kompozisyonunu değiştirebilir, besin döngüsü verimliliğini azaltabilir ve düşük biyolojik parçalanabilirlikleri nedeniyle onlarca yıl boyunca varlığını sürdürebilir (Giller ve ark. 1998). Bitki dokularında toksik metallerin birikmesi, besin zinciri yoluyla da taşınarak ekolojik ve insan sağlığı açısından riskler oluşturabilir (Alloway 2013).

Ağır metal kirliliği, öncelikle sanayileşme, madencilik ve uygunsuz atık bertarafı gibi antropojenik faaliyetler nedeniyle önemli çevresel zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Kurşun, cıva ve kadmiyum dâhil olmak üzere bu metaller biyolojik olarak parçalanmaz ve ekosistemlerde birikerek hem biyotik hem de abiyotik bileşenler üzerinde zararlı etkilere yol açabilmektedir. Ağır metaller toprağı ve suyu

kirleterek besin döngüsü ve toprak sağlığı için gerekli olan mikrobiyal toplulukları bozmaktadır (Ehis-Eriakha ve Akemu 2022). Kirilenmiş su kaynakları, suda yaşayan organizmalarda biyolojik birikime yol açarak tüm besin ağlarını etkileyebilir (Donald ve ark. 2022). Yüksek ağır metal seviyeleri bitki büyümesini ve tarımsal üretkenliği engelleyerek gıda güvenliği için risk oluşturabilir (Donald ve ark. 2022). Ayrıca, ağır metallere maruz kalan hayvanlar toksik etkiler yaşayabilir ve bu da üreme başarısının azalmasına ve ölüm oranlarının artmasına yol açabilir (Srivastava ve ark. 2024). Ağır metaller insan besin zincirine girebilir ve nörolojik bozukluklar, kanser dâhil olmak üzere ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir (Lubal 2024, Srivastava ve ark. 2024). Ağır metal kirliliği acil bir çevre sorunu olsa da, bazı bilim insanları belirli metallerin biyolojik işlevler için eser miktarda gerekli olduğunu savunmaktadır. Ancak, bunların birikmesiyle ilişkili riskler bu faydalardan çok daha ağır basmaktadır ve kirliliği azaltmak için acil eylem gerektirmektedir (Ehis-Eriakha ve Akemu 2022). Ağır metallerin düşük konsantrasyonları bile toksik olabilir ve bu da sıkı izleme ve kontrol önlemlerine olan ihtiyacı doğurmaktadır (Donald ve ark. 2022).

Madencilik alanları, çevredeki ekosistemler ve insan sağlığı için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Çoğunlukla ağır metallerle kirlenmiş alanlardır ve buradaki metaller sızarak nehirleri, su kaynaklarını ve yeraltı sularını kirletebilir (Eisler 2004). Taş ocaklığı, çevrede anında ve uzun vadeli istenmeyen etkiler yaratan ve hatta madenin kapatılmasından uzun süre sonra bile ekosistemler üzerindeki zararlı etkileri devam eden bir kalkınma faaliyetidir. Kırılmış kaya ocaklığı faaliyetleri, bir dizi ağır metal içeren önemli miktarda toz ve atık üretmektedir. Toprağa taşınan veya çözünen ağır metaller bitkiler tarafından alınabilir, yüzey veya yeraltı suyuna taşınabilmektedir. Ağır metaller besin zincirine girerek yüksek miktarlarda birikebilir, bitkisel gıdalar veya bitkisel ürünler yenildiğinde ise akut veya kronik toksisiteye (zehirlenme) ve insan sağlığı açısından ciddi risklere yol açabilir (Rabiu 2022).

Ağır metallere kaynaklanan atmosfer veya toprak kirliliğinin izlenmesinde, özellikle bazı damarlı bitki türleri önemli biyoindikatörler olarak kullanılmaktadır. Yapılan

bazı çalışmalarda, sarmaşık yapraklarının kentsel partikül madde ve metal kirliliği değerlendirmeleri için uygun bir biyoindikatör olduğu gösterilmiştir (Castanheiro ve ark. 2016). Araliaceae familyasına ait olan *Hedera* L. cinsi, Avrupa ve Asya kıtalarının bitki örtüsünde yaygın olan on iki türe sahiptir (McAllister ve Marshall 2017). Bunlardan *Hedera helix* L. (duvar sarmaşığı) türü, yaygın olarak sarmaşık olarak bilinir, her dem yeşil, çok yıllık, Kuzey Yarımküre bölgeleri, Kuzey Amerika, Batı, Güney ve Orta Avrupa ve Asya'da doğal olarak yetişen, geniş bir Avrupa-Akdeniz dağılım alanına sahip bir bitkidir (Al-Snafi 2018). Ormanlık alanlar, orman kenarları, tarlalar, çitler, taşkın yatakları ve deniz seviyesinden 1000 m'ye kadar olan bozulmuş habitatlar dâhil olmak üzere çok çeşitli habitat türlerinde başarıyla yetişebilmektedir (Metcalf 2005, Strelau ve ark. 2018).

Rize ilindeki taş ocaklığı faaliyetlerinin bitkilerin ağır metal içeriklerini olumsuz yönde etkilediğine dair yapılmış birkaç çalışma mevcuttur (Güzel İzmirli 2025a,b). Bu çalışmaların artırılmasına, taş ocaklarının ağır metal kirliliği yönünden çevre üzerinde nasıl bir etki oluşturduğunun araştırılmasına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, taş ocaklarından kaynaklanabilecek ağır metal kirliliği biyoindikatör potansiyeli yüksek *H. helix* bitkisinde araştırılmıştır. Bu çalışmada, Rize ilindeki aktif ve aktif olmayan taş ocaklarının çevresinde yetişen *Hedera helix*'in ağır metal (Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Cd, Mn ve Co) konsantrasyonlarının belirlenmesi, taş ocağı faaliyetlerinin bu türün ağır metal içerikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi, yıkanmış ve yıkanmamış yapraklardaki ağır metal düzeylerinin karşılaştırılması, metaller arasındaki ilişkilerin korelasyon analizi ile değerlendirilmesi ve elde edilen tüm bulgular doğrultusunda *H. helix*'in ağır metal kirlilik profilinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Ayrıca, bu çalışma Rize ilinde aktif ve pasif taş ocakları çevresinde yetişen *Hedera helix*'in ağır metal içeriklerinin incelendiği ilk araştırma niteliğindedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

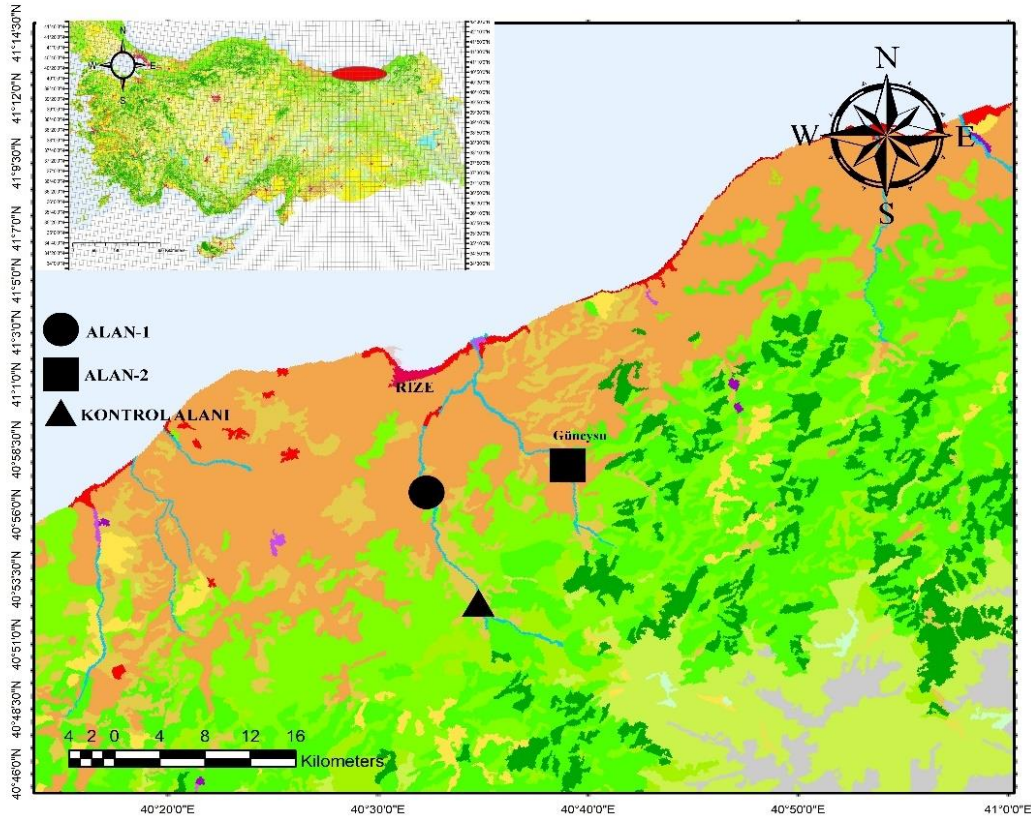
Çalışma, Rize ili Merkez ve Güneysu ilçelerine bağlı Kömürçüler, Gürgen ve Küçükçayır köylerinde

yürütülmüştür. Kömürcüler köyündeki aktif taş ocağı, Gürgen köyündeki pasif taş ocağı (terk edilmiş) ve Küçükçayır köyündeki kontrol alanı olmak üzere üç farklı örnek alan seçilmiştir. Kontrol alanı seçilirken ana yoldan

ve kirlilik faktörlerinden uzaklık ve araç ile ulaşımın olmaması kriterleri göz önünde bulundurulmuştur. Seçilen alanlara ait bilgiler Çizelge 1 ve Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek konumlarının koordinatları

Örnekleme	Lokaliteler	Enlem	Boylam
Alan-1 (Pasif Taş Ocağı)	Gürgen Köyü, Güneysu, Rize	40.947409°	40.538671°
Alan-2 (Aktif Taş Ocağı)	Kömürcüler Köyü, Merkez, Rize	40.964933°	40.650563°
Alan-3 (Kontrol Alanı)	Küçükçayır Köyü, Merkez, Rize	40.876701°	40.580136°



Şekil 1. Çalışma alanının haritası

Örnek Toplama ve Hazırlama

Seçilen alanlardan her biri farklı altı noktadan bitki numuneleri Haziran 2022 tarihinde eş zamanlı olarak aynı gün toplanmıştır. Laboratuvara getirilen bitki örnekleri "yıkamış" ve "yıkamamış" olmak üzere iki ayrı gruba ayrılmıştır. Örneklerin yarısı yüzeydeki partikül ve dış kirleticilerin uzaklaştırılması amacıyla saf (deiyonize) su ile yıkamıştır. Her iki gruptaki bitki numuneleri 70 °C'de 48 saat boyunca sabit ağırlığa ulaşınca dek kurutulmuştur. Kurutulan örnekler porselen havanda homojen şekilde öğütülerek toz haline dönüştürülmüş ve analiz için hazır hale getirilmiştir.

Kimyasallar ve Reaktifler

Kullanılan tüm analitik saflıktaki kimyasallar ve reaktifler Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından temin edilmiştir. Çözelti ve seyreltmelerin hazırlanmasında 18.2 MΩ-cm dirençte ultra saf su (Human Corporation Zener Power-I) kullanılmıştır. Laboratuvar ortamında kullanılan tüm cam ve plastik ekipmanlar, %20'lik HNO₃ çözeltisinde 24 saat bekletilerek dekontamine edilmiş, ardından ultra saf su ile durulanarak temiz hava koşullarında kurutulmuştur.

Numune Hazırlığı ve Çözündürme İşlemi

Homojen hale getirilen ve 0.2 g-0.5 g aralığında tartılan bitki numuneleri, her biri 7 mL suprapur %65 HNO₃ ve 1 mL suprapur %30 H₂O₂ içeren teflon kaplara alınmış, numuneler Milestone SK10 mikrodalga çözündürme ünitesinde çözündürülmüştür. Çözündürme işlemi sırasında sıcaklık, ilk 15 dakika içerisinde oda sıcaklığından 200 °C'ye yükseltilmiş, ardından 200 °C'de 15 dakika süreyle sabit tutulmuştur. Bu aşamayı takiben, numuneler yaklaşık bir saatlik süre zarfında oda sıcaklığına soğutulmuştur. Elde edilen çözeltiler 50 mL hacmindeki polipropilen falcon tüplere aktarılmış ve ultra saf su ile 50 mL'ye tamamlanarak analiz için hazır hale getirilmiştir. Kontrol amacıyla hazırlanan blank (kör) çözelti de, örneklerle aynı prosedürler izlenerek hazırlanmıştır.

Kalibrasyon ve Ağır Metal Analizleri

Kalibrasyon çözeltileri, analiz edilen Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Cd, Mn ve Co elementlerini içeren Agilent 8500–6940 2A kodlu 27 element karışımından hazırlanan 1000 ppm'lik stok çözeltilerin uygun seyreltmeleri ile oluşturulmuştur. Ağır metal konsantrasyonları, ICP-MS (Agilent 7700X) cihazında üç tekrarlı olarak belirlenmiştir. Cihazda uygulanan analiz koşulları Çizelge 2'de sunulmuştur. Ölçümlerin doğruluğu, kalibrasyon eğrilerinin yüksek derecede doğrusallığı (R=0.9997–1.0000), tespit sınırı (LOD) ve miktar tayini sınırı (LOQ) ile değerlendirilmiştir. LOD, kör çözeltilerden elde edilen standart sapmanın üç katının kalibrasyon eğrisi eğimine bölünmesiyle; LOQ ise LOD'un üç katı olarak hesaplanmıştır. Yöntemin hassasiyetine ilişkin LOD ve LOQ değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. ICP-MS cihazının çalışma koşulları

Cihaz	Agilent 7700 x ICP-MS
RF Gücü	1550 W
RF Uyumu	2.1 V
Örnek Derinliği	8.0 mm
Örnek Alım Hızı	0.1 mL min ⁻¹
Plazma Gaz Akış Hızı	15 L min ⁻¹
Yardımcı Gaz Akış Hızı	1.0 L min ⁻¹
Taşıyıcı Gaz Akış Hızı	0.95 L min ⁻¹
He Gaz Akış Hızı	4.3 mL min ⁻¹
Sprey Odası	Yumuşak Çift Geçişli Tip
Sprey Odası Sıcaklığı	2 °C
Meşale	Kuvarz Meşale

Kalite Kontrol ve Güvence Prosedürleri

Analizlerin güvenilirliğini ve doğruluğunu değerlendirmek amacıyla kalite kontrol uygulamaları üçlü tekrarlarla gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon ve ölçüm doğruluğunu sağlamak için uluslararası geçerliliğe sahip sertifikalı referans materyaller kullanılmıştır. Bu kapsamda, IAEA-336 kodlu liken referans materyali, sertifikalı referans materyal (CRM) olarak tercih edilmiştir. ICP-MS ile yapılan analizlerde, tüm hedef elementler için %90'ın üzerinde ölçüm doğruluğu elde edilmiştir. Sertifikalı değerler ile

ICP-MS aracılığıyla belirlenen konsantrasyonlar arasındaki karşılaştırmalı sonuçlar Çizelge 3'te sunulmuştur. Bu çalışmada, çoklu element analizleri için ABD Çevre Koruma Ajansı'nın (EPA) belirlediği EPA 6020 standardı esas alınmıştır. Numune analiz sürecinde 1 ppm konsantrasyonundaki iç standart çözeltisi (ISTD Agilent 5188-6525), her örnekle birlikte sürekli olarak sisteme verilmiş ve sinyal düzeltmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu uygulama, analiz sırasında olası matris etkilerini ve cihaz kaynaklı varyasyonları minimize etmeyi amaçlamıştır.

Çizelge 3. IAEA-336 bitki sertifikalı referans materyaline ait ölçülen ve sertifikalı element konsantrasyonlarının karşılaştırılması ($\mu\text{g kg}^{-1}$, kuru ağırlık)

Elementler	Liken							
	Sertifikalı Değerler	Ölçülen Değerler	Geri Kazanım Yüzdesi (%)	R ²	%RSD	LOD	LOQ	
As	630	624	99.11	1.0000	8.04	0.045	0.135	
Cr	1060	1048	98.85	0.9999	2.07	0.029	0.087	
Cu	3600	3540	98.34	1.0000	1.23	0.125	0.375	
Mn	63000	62024	98.45	0.9999	0.71	0.035	0.105	
Ni	1070	1075	100.50	0.9999	1.73	0.026	0.078	
Pb	4900	4812	98.20	1.0000	2.70	0.038	0.114	
Zn	30400	31838	104.73	0.9997	0.63	1.673	5.019	
Fe	430000	432710	100.63	0.9999	0.72	0.603	1.809	
Cd	117	117	99.90	1.0000	13.91	0.004	0.012	
Co	290	293	101.11	1.0000	2.41	0.003	0.009	

%RSD: Yüzdellik Bağlı Standart Sapma

İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada elde edilen veriler, IBM SPSS Statistics 29.0 (IBM Corp, Armonk, NY, ABD) yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin dağılımı Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirilmiştir. Normallik varsayımını karşılayan veri setlerinde gruplar arası farklılıkların belirlenmesi için Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) uygulanmış, anlamlı bulunan değişkenlerde farklılıkların kaynağı Tukey HSD testi ile ortaya konulmuştur. Yıkanmış ve yıkanmamış yapraklar arasındaki farklar bağımsız örneklem t-testi ile, ağır metal konsantrasyonları arasındaki ilişkiler ise Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. Parametrik testlerde anlamlı farkın derecesini belirlemek için eta-kare (η^2/d) hesaplaması yapılmıştır. Eta-kare hesaplaması bağımlı değişkendeki toplam varyansın ne kadarının bağımsız değişken tarafından açıklandığı hakkında bilgi verir. Eta-kare değerleri 0.00 ile 1.00 arasında değişir. 0.01, 0.06 ve 0.14 değerlerindeki eta-kare değerleri sırasıyla küçük, orta ve büyük etki büyüklüğü olarak dikkate alınmıştır (Cohen 1988, Emerson 2019). Mekânsal analizler ve harita tasarımı ArcMap 10.8 (ESRI 2020) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Arazi örtüsü verileri, Copernicus Arazi İzleme Servisi tarafından sağlanan CORINE Arazi Örtüsü (CLC) veri setinden (European Environment Agency 2018) elde edilmiştir. Tüm istatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Örnekleme yapılan alanlar ile ağır metal konsantrasyonları arasındaki farklara ilişkin tek yönlü ANOVA sonuçları ele alındığı tüm elementler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir.

Cr için; $F(2.17)=26.170$, $p < 0.001$, $r=0.88$, $\eta^2=0.777$

Fe için; $F(2.17)=6.927$, $p=0.007$, $r=0.69$, $\eta^2=0.480$

Ni için; $F(2.17)=46.338$, $p < 0.001$, $r=0.93$, $\eta^2=0.861$

Cu için; $F(2.17)=6.522$, $p=0.009$, $r=0.68$, $\eta^2=0.465$

Zn için; $F(2.17)=57.074$, $p < 0.001$, $r=0.94$, $\eta^2=0.884$

As için; $F(2.17)=9.792$, $p=0.002$, $r=0.75$, $\eta^2=0.566$

Pb için; $F(2.17)=27.643$, $p < 0.001$, $r=0.89$, $\eta^2=0.787$

Cd için; $F(2.17)=62.771$, $p < 0.001$, $r=0.95$, $\eta^2=0.893$

Mn için; $F(2.17)=90.145$, $p < 0.001$, $r=0.96$, $\eta^2=0.923$

Co için; $F(2.17)=5.811$, $p=0.014$, $r=0.66$, $\eta^2=0.437$

değerleri elde edilmiştir. Burada F değeri, gruplar arası varyansın gruplar içi varyansa oranını; parantez içindeki (2.17) serbestlik derecesini (df); p değeri istatistiksel anlamlılık düzeyini; r katsayısı etki büyüklüğünün yönünü ve gücünü; η^2 ise açıklanan varyans yüzdesini ifade etmektedir. Etki büyüklüğü değerleri, örneklem alanlarının tüm element içeriklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Veriler, farklı alanlar arasında aynı materyalin birikimde Co içeriklerinde $p < 0.05$, diğer tüm elementlerin içeriklerinde ise $p < 0.01$ seviyesinde önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir. Örnekleme alanlarından toplanan bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonları Çizelge 4'te gösterilmiştir. Aktif taş ocağı yakınında yetişen bitkiler, pasif taş ocağı ve kontrol alanlarında yetişen bitkilere göre daha yüksek miktarda ağır metal biriktirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca örnekleme

alanları ele alındığında *H. helix* bitkisinin minimum ve maksimum Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Cd, Mn ve Co konsantrasyonları sırasıyla 0.127-0.657 mg kg⁻¹, 136.300-549.939 mg kg⁻¹, 0.438-1.486 mg kg⁻¹, 4.511-86.886 mg

kg⁻¹, 61.074-262.437 mg kg⁻¹, 0.025-0.075 mg kg⁻¹, 0.137-0.580 mg kg⁻¹, 0.559-13.630 mg kg⁻¹, 137.009-1724.74 mg kg⁻¹ ve 0.048-0.147 mg kg⁻¹ arasında değiştiği görülmüştür.

Çizelge 4. Bitki örneklerinde örnekleme alanlarına göre bazı ağır metallerin konsantrasyon değerleri (mg kg⁻¹) (Ortalama±SH)

Hedera helix L.										
Alanlar	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Cd	Mn	Co
Alan-1	0.36±0.02b	259.40±57.60b	1.03±0.06b	19.77±2.76ab	98.31±8.58b	0.059±0.004a	0.21±0.00b	1.78±0.2b	547.17±73.23b	0.09±0.05ab
Alan-2	0.56±0.03a	443.68±31.77a	1.26±0.07a	50.09±15.37a	222.52±16.46a	0.061±0.005a	0.44±0.04a	10.94±1.2a	1509.88±98.32a	0.11±0.01a
Alan-3	0.22±0.03c	247.01±30.44b	0.50±0.02c	4.91±0.12b	68.03±2.73b	0.034±0.004b	0.17±0.01b	0.74±0.07b	191.58±21.25c	0.07±0.07b
Genel	0.38±0.03	316.70±31.47	0.93±0.08	24.92±6.68	129.62±17.24	0.051±0.003	0.28±0.03	4.49±1.17	749.54±140.57	0.09±0.06
Referans değerler	1.3	20	10	10	50	0.1-1.0	10	0.3	200	0.3

SH: Standart Hata, Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar Tukey HSD testine göre anlamlı derecede farklıdır (p<0.05)

Analiz edilen *H. helix* bitkisinin, yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarındaki ağır metal içerikleri Çizelge 5'te verilmiştir. Yıkama işlemi *H. helix*'in Cu elementi için p<0.05, Fe ve Co elementleri için ise p<0.001 seviyesinde anlamlı farklılıklar gösterirken, diğer elementlerde herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Ortalamalara bakıldığında, yıkanmamış yaprakların ağır metal içeriklerinin yıkanmış yaprakların ağır metal içeriklerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Elde edilen istatistiksel sonuçlar Cr için t(16)=1.935, p=0.071, d=0.190; Fe için

t(16)=3.276, p=0.005, d=0.402, Ni için t(16)=0.881, p=0.392, d=0.046; Cu için t(16)=2.251, p=0.039, d=0.240; Zn için t(16)=1.192, p=0.251, d=0.082; As için t(16)=1.195, p=0.250, d=0.082; Pb için t(16)=1.361, p=0.192, d=0.104; Cd için t(16)=0.947, p=0.358, d=0.053; Mn için t(16)=1.000, p=0.332, d=0.059 ve Co için t(16)=3.746, p=0.002, d=0.467 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlarla büyük etki boyutuna sahip (d>0.14) Cr, Fe, Cu ve Co elementlerinin azalımı üzerine yıkama işleminin güçlü bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Yıkanmış ve yıkanmamış bitki örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyon değerleri (mg kg⁻¹) (Ortalama±SH)

Hedera helix L.										
Yapraklar	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Cd	Mn	Co
Yıkanmamış	0.45±0.04	398.94±30.82	1.00±0.12	38.44±11.89	149.93±27.97	0.056±0.007	0.32±0.05	5.60±2.01	890.11±219.56	0.11±0.007
Yıkanmış	0.31±0.04	234.45±39.62	0.86±0.10	11.40±1.68	109.32±19.44	0.046±0.001	0.23±0.02	3.37±1.22	608.98±175.60	0.07±0.005
Toplam	0.38±0.04	316.70±31.47	0.93±0.08	24.92±6.68	129.62±17.24	0.051±0.003	0.28±0.03	4.49±1.17	749.54±140.57	0.09±0.06

SH: Standart Hata

Pearson korelasyon analizine göre temiz alan ile aktif taş ocağı alanındaki tüm elementler arasında çok güçlü, pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı (p<0.01) ilişkiler

tespit edilmiştir. Ağır metallerin birbirleri ile olan ilişkilerini gösteren korelasyon katsayıları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Ağır metaller arasındaki Pearson korelasyon katsayıları

	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Cd	Mn	Co
Cr	1.00									
Fe	0.82(**)	1.00								
Ni	0.89(**)	0.60(**)	1.00							
Cu	0.82(**)	0.70(**)	0.77(**)	1.00						
Zn	0.93(**)	0.83(**)	0.82(**)	0.87(**)	1.00					
As	0.65(**)	0.51(*)	0.76(**)	0.77(**)	0.65(**)	1.00				
Pb	0.91(**)	0.77(**)	0.79(**)	0.90(**)	0.96(**)	0.59(**)	1.00			
Cd	0.89(**)	0.77(**)	0.78(**)	0.87(**)	0.99(**)	0.60(**)	0.98(**)	1.00		
Mn	0.94(**)	0.82(**)	0.85(**)	0.83(**)	0.99(**)	0.67(**)	0.94(**)	0.97(**)	1.00	
Co	0.85(**)	0.72(**)	0.80(**)	0.84(**)	0.73(**)	0.73(**)	0.75(**)	0.67(**)	0.72(**)	1.00

** : Korelasyon p<0.01, * : p<0.05 seviyesinde önemlidir

TARTIŞMA

Bu çalışma, Rize ilinde seçilmiş taş ocağı madenlerinin *H. helix* bitkisi üzerinde ağır metal kirliliğini ortaya koyan ilk kapsamlı çalışmadır. Granit, kireç taşı, mermer, kum taşı, arduvaz ve hatta seramik karolar yapmak için kil gibi geleneksel sert döşemelerde kullanılan malzemelerin çoğunu sağlamak için taş ocağı işletmeciliği gereklidir. Ancak, diğer birçok insan yapımı faaliyet gibi, taş ocağı işletmeciliği de çevre üzerinde önemli bir etkiye neden olur.

Bu çalışmada, *H. helix*'in yapraklarındaki Pb içeriğinin 0.137 ila 0.580 mg kg⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiştir. WHO (Dünya Sağlık Örgütü) standartlarına göre bitkilerde kurşunun izin verilen sınırı 10 mg kg⁻¹'dir (Dabanovic ve ark. 2016). Toplanan tüm bitki örneklerinde Pb konsantrasyonu izin verilen sınırın altında kaydedilmiştir. Sonuçlar, Rahman ve ark. (2013), Nazir ve ark. (2015), Kırış (2020) ve Rabiü (2022)'nin bitkilerin Pb değerlerinin izin verilen değerden düşük olduğunu beyan ettikleri raporlarıyla benzerdir. Benzer olarak, ur Rehman ve ark. (2019)'nin yapmış oldukları başka bir çalışmada *H. helix*'in yaprak Pb değerlerinin 1.25 µg g⁻¹ olduğu ve izin verilen değer çok altında olduğu ifade edilmiştir.

H. helix'in yapraklarındaki Zn içeriği 61.074 ila 262.437 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Bitkilerde çinkonun izin verilen sınırı 50 mg kg⁻¹'dir (Dabanovic ve ark. 2016). Toplanan tüm bitki örneklerinde Zn konsantrasyonu izin verilen sınırın üstünde kaydedilmiştir. Benzer şekilde, Kırış (2020) ve Saran ve ark. (2024) çalışmasındaki bitkilerin yüksek Zn içeriğine sahip olduklarını ve izin verilen değer üzerinde Zn içerdiklerini rapor etmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü'nün bitkiler için önerdiği bakırın izin verilen sınırı 10 mg kg⁻¹'dir (Dabanovic ve ark. 2016). Toplanan tüm bitki örneklerinde Cu konsantrasyonu 4.511-86.886 mg kg⁻¹ aralığında olup, aktif ve pasif taş ocağı alanlarından elde edilen Cu konsantrasyonu izin verilen sınırın üzerinde bulunmuştur. Bu bulgular bitkilerde yüksek Cu konsantrasyonu bildiren Hasan ve ark. (2012), Kırış (2020), Rabiü (2022) sonuçlarına da benzerdir. Temiz ve pasif bölgelere ait Cu içerikleri ise Rahman ve ark. (2013) ve Saran ve ark. (2024)'ün yapmış

oldukları çalışmalardaki sonuçlara benzer olup izin verilen limitin altında bulunmuştur.

Bitkilerde maksimum izin verilebilir Fe sınırı 20 mg kg⁻¹'dir (Shah ve ark. 2013). Çalışma alanındaki bitkilerde Fe konsantrasyonları 136.300–549.939 mg kg⁻¹ aralığında belirlenmiş olup, bu değerlerin tamamı bitkiler için önerilen standart sınırların üzerindedir. Nazir ve ark. (2015), Kırış (2020) ve Saran ve ark. (2024) yapmış oldukları çalışmalarında izin verilen limitten daha yüksek Fe konsantrasyonları bildirmişlerdir.

Çalışma alanındaki tüm bitkilerin Ni konsantrasyonları 0.438 ila 1.486 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Bitkilerde Ni için izin verilen sınır 10 mg kg⁻¹'dir (Dabanovic ve ark. 2016). Çalışmada analiz edilen örneklerin Ni değerleri maksimum izin verilebilir limitin altındadır. Benzer şekilde, Rahman ve ark. (2013) yapmış olduğu çalışmada bitkilerdeki Ni içeriğini 1.7 mg kg⁻¹ olarak izin verilen limitin altında tespit etmişlerdir.

Tıbbi bitkilerde Cd değerinin maksimum 0.3 mg kg⁻¹'a kadar toksik olmadığı kabul edilmektedir (WHO 1999). Rahman ve ark. (2013) yapmış olduğu çalışmasında bitkilerdeki Cd içeriğini 111 µg kg⁻¹ olarak tespit etmiştir. Çalışmadaki bitkinin Cd içeriklerinin 0.559-13.630 mg kg⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Kırış (2020)'ün sunduğu rapordaki sonuçlar ile benzer olup, izin verilen limitin üzerindedir. ur Rehman ve ark. (2019)'nin yapmış oldukları başka bir çalışmada *H. helix*'in yaprak Cd değerlerinin 0.41 µg g⁻¹ olduğu ve izin verilen değer üstünde olduğu ifade edilmiştir. *H. helix*'in yaprak dokularında Cd içeriği 0.32-4.23 mg kg⁻¹ olarak limit değer üzerinde bulunmuştur (Saran ve ark. 2024).

Maksimum izin verilebilir Cr sınırı 1.3 mg kg⁻¹'dir (Dabanovic ve ark. 2016). *H. helix*'in yapraklarındaki Cr içeriğinin 0.127-0.657 mg kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışmada analiz edilen örneklerin Cr değerleri maksimum izin verilebilir limitin altındadır. Benzer şekilde, Rahman ve ark. (2013) yapmış olduğu çalışmasında bitkilerdeki Cr içeriğini 0.80 mg kg⁻¹ olarak tespit etmişlerdir ve bu konsantrasyon izin verilebilir limitin altındadır.

Bitkilerdeki Co için izin verilen sınır değer 0.3 mg kg⁻¹'dir (Iqbal ve ark. 2013). Çalışmada *H. helix* bitkisindeki Co içeriklerinin 0.048-0.147 mg kg⁻¹ arasında değiştiği ve Co düzeylerinin izin verilen sınır değerden düşük olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Kırış (2020) yapmış olduğu çalışmada bitkilerin Co konsantrasyonunu 0.12 ila 0.25 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini ve bu değerlerin izin verilen değerlerin altında olduğunu ifade etmiştir. Rahman ve ark. (2013)'nin yapmış olduğu çalışmalarında bitkilerdeki Co içerikleri 168 µg kg⁻¹ olarak izin verilen değerlerin altında tespit edilmiştir.

H. helix'in Mn konsantrasyonları 137.009-1724.74 mg kg⁻¹ aralığında belirlenmiştir. İzin verilen maksimum Mn sınır değeri 200 mg kg⁻¹'dir (Dabanovic ve ark. 2016). Çalışmada taş ocakları alanlarından analiz edilen örneklerin Mn değerleri maksimum izin verilebilir limitin üstündedir. Çalışmada elde edilen Mn sonuçları, Kırış (2020)'ün bulduğu sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Temiz alandan alınan örneklerin Mn değerleri ise Saran ve ark. (2024)'ün yapmış olduğu çalışmadaki veriler ile örtüşmekte olup izin verilen değerlerin altındadır.

Çalışmadaki sarmaşık bitkisinin As içeriği 0.025 ila 0.075 mg kg⁻¹ arasındadır. Bitkilerde izin verilen maksimum değer 0.1-1.0 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (WHO 2001). Çalışmada analiz edilen örneklerin As değerleri maksimum izin verilebilir limitin çok altındadır. Benzer şekilde, Rahman ve ark. (2013) yapmış olduğu çalışmalarında bitkilerdeki As içeriğini 90 µg kg⁻¹, Liao ve ark. (2014) mango meyvesindeki As miktarının ortalama 8.6 µg kg⁻¹ olduğunu tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada, As derişim konsantrasyonları 161.65 ila 669.23 µg kg⁻¹ tespit edilmiştir (Oğuz ve ark. 2016).

Bu verilere dayanarak, *H. helix*'in Cr, Ni, As, Pb ve Co içeriklerinin izin verilen değerler dâhilinde olduğu, Fe, Cu, Zn, Cd ve Mn içeriklerinin ise izin verilen maksimum değerleri aştığı sonucuna varılabilir.

Bu çalışmadaki bulgular sarmaşık (*H. helix*) yapraklarının taş ocakları sahalarında ağır metalleri etkili bir şekilde absorbe ettiğini ortaya koymaktadır. Analizler, ağır metal içeriklerinin incelenen alanlarda değiştiğini göstermiştir. Sonuçlar, en yüksek ve en düşük metal konsantrasyonlarının sırasıyla aktif taş ocağı ve kontrol

sahalarında elde edildiğini göstermektedir. Ogbonna ve ark. (2011), taş ocağı sahasında yetişen *Milicia excelsa*, *Ceiba pentandra*, *Newbouldia laevis* ve *Ficus exasperata* türlerinin sırasıyla Zn, Pb ve Cd içeriklerini 9.10–1.12, 7.64–1.00, 3.12–0.51 ve 3.30–0.70 mg kg⁻¹ aralıklarında tespit etmiş ve en yüksek metal içeriklerinin aktif taş ocağı sahalarında ve en düşük değerlerin ise kontrol alanlarında bulunduğunu bildirmişlerdir.

Bitki dokularındaki ağır metal konsantrasyonu, taş ocağından uzaklaştıkça azalır ve bu durum kirlilik derecesini ortaya koyar. Örneğin, Ifeoma ve ark. (2014) çalışmalarında Cd seviyelerinin taş ocağından 1 m mesafede 0.21 mg kg⁻¹ iken 300 m mesafede ise 0.04 mg kg⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada da ağır metal konsantrasyonları alan tipine bağlı olarak anlamlı düzeyde farklılık göstermiştir (p<0.05). En yüksek konsantrasyonlar aktif taş ocağı alanlarında, bunu pasif taş ocağı alanları ve en düşük olarak kontrol (temiz) alanları takip etmiştir. Çalışmalar, taş ocağı sahalarına yakın bitkilerin kontrol lokasyonlarına kıyasla daha yüksek ağır metal konsantrasyonları sergilediğini göstermiştir. Örneğin, Pb ve Cd seviyeleri Nijerya'daki kirli sahalardaki bitkilerde belirgin şekilde daha yüksek tespit edilmiştir (Ogbonna ve ark. 2020). Taş ocak sahasına yakın bitki örneklerinde, Al, Cd, Cr, Cu, Fe ve Mn gibi ağır metallerin Dünya Sağlık Örgütü limitlerinin üzerinde yüksek seviyelerde tespit edilmesi, ocak faaliyetlerinden kaynaklanan önemli bir kirliliğin ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerinin göstergesidir (Ogunmade ve ark. 2023).

Taş ocağı sahasının etrafındaki bitkilerin en fazla Fe ve Mn elementlerini biriktirdiği ifade edilmiştir. Aynı çalışmada yer alan, *Aspilia africana* en yüksek Pb ve Co'ya sahipken, *Synedrella nodiflora* ve *Chromolaena odorata* en yüksek Ni'ye sahiptir ve bu durum bu bitkilerin önemli biyoakümülyasyonuna işaret etmektedir (Ayodele ve ark. 2014). Bir başka çalışmada, taş ocağı çevresindeki bitkilerin eşik seviyelerinin üzerinde yüksek düzeyde Mn ve Pb içerdiği, bu durumun potansiyel biyobirikim ve ilişkili sağlık tehlikeleri oluşturduğu, dolayısıyla hayvan tüketimi için uygun olmadığı vurgulanmıştır (Mustapha ve ark. 2016).

Bu çalışmada, *H. helix*'in yıkanmamış yapraklarının ağır metal içeriklerinin yıkanmış yapraklarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, *H. helix*'in yıkanmamış yapraklarındaki Pb, Cd, Cu ve Zn içeriklerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Onete ve Paucă-Comănescu 2008). Distile suyla yıkama işleminin, bitki yüzeylerindeki Al, Fe ve Ni gibi metallerin seviyelerini etkili bir şekilde azalttığı, bazı türlerde bu azalmanın %84'e kadar ulaştığı ifade edilmiştir (Ataabadi ve ark. 2012). Bir başka çalışmada, işlem görmemiş bitki örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları, yüzeylerine biriken tozdan kaynaklanan metal birikimi nedeniyle önemli ölçüde daha yüksek tespit edilmiştir. Yıkama işlemi genellikle Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Ti ve V gibi metallerin konsantrasyonlarını azaltmıştır (Nesterkov 2019). Aksoy ve ark. (2012)'nin şehir içi, yol kenarı, sanayi, dere kıyısı, kenar semt ve kontrol bölgesi olmak üzere seçmiş oldukları bölgelerde yetişen sebzelerin yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarında Cr, Cd, Cu, Ni, Zn ve Pb içeriklerini araştırdıkları çalışmalarında yıkanmamış sebze örneklerinde en yüksek miktarda ağır metal konsantrasyonunu tespit etmişlerdir. Yıkanmamış bitkilerdeki ağır metallerin konsantrasyonu hem toprak hem de havadaki kaynaklardan önemli ölçüde etkilenir. Çalışmalar, bitkilerin kirli ortamlardan Cu, Zn, Fe ve Pb gibi ağır metalleri biriktirebileceğini ve havadaki tozun bu konsantrasyonlara önemli ölçüde katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bitki örneklerinin yıkanması, havadaki bu kirliliğin kapsamını ortaya koyar ve genellikle bitki yüzeylerindeki metal konsantrasyonlarında önemli bir azalmaya neden olur. Yıkanmış yaprak analizi, yalnızca bitki dokusuna alınmış ağır metal birikimini belirlerken; yıkanmamış yaprak analizi, hem bitki dokusundaki hem de yaprak yüzeyinde birikmiş olan ağır metallerin toplam içeriğini yansıtır (Yaşar 2009). Yıkanmamış örneklerde ağır metal içeriklerinin yüksek düzeyde tespit edilmesi, bu metallerin zamanla bitki yüzeyi ve dokularında birikim gösterdiğine işaret etmektedir.

Bitkilerde ağır metallerin birbirleriyle olan korelasyonları, çevresel koşullar ve bitki türlerinden etkilenen karmaşık etkileşimleri ortaya koymaktadır. Çeşitli ağır metaller ve Cu-Cd, Cu-Zn ve Zn-Pb gibi temel elementler arasında önemli pozitif korelasyonlar bulunmuştur ve bu da emilim ve translokasyon süreçleri sırasında sinerjik etkileşimleri,

bitkiler içinde alım için rekabet edebileceğini veya benzer taşıma mekanizmalarını paylaşabileceğini göstermektedir. Bu korelasyonlar, söz konusu elementlerin iyonik yarıçaplarındaki ve oktahedral koordinasyon geometrisindeki benzerlikten kaynaklanır (Shen ve ark. 2020).

Kumar ve ark. (2017)'nin çeşitli bitkiler üzerine yapmış olduğu çalışmada, Co elementinin Cu ve Cr ile pozitif, Cd ve Zn arasında yüksek pozitif ve Pb, Ni ile pozitif bir korelasyon gösterdiğini ve bu durumun bitkilerdeki ağır metaller arasındaki karşılıklı ilişkileri vurguladığını, bir metalin konsantrasyonu arttıkça diğerlerinin de artma eğiliminde olduğunu ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, Yu ve ark. (2001) Cu, Zn, Ni ve Cd elementleri arasında anlamlı korelasyonlar saptamış ve bunun aynı kirlilik kaynaklarından ileri gelebileceğini ifade etmişlerdir. Yalçın (2021), *H. helix*'in element alım kapasitesinde sinerjik bir etki bulunduğunu bildirmiştir. Ayrıca, elementlerin taşınım sırasında birlikte hareket ettiklerini ve bu durumun, tüm elementlerin ortak bir kaynağa sahip olarak benzer davranış sergilemelerinden kaynaklandığını belirtmiştir.

Metal birikimi, araştırılan bitkide Mn>Fe>Zn>Cu>Cd>Ni>Cr>Pb>Co>As sırasını takip etmiş ve bu durum muhtemelen kirlenmiş saha topraklarındaki çıkarılabilir metal konsantrasyonlarını yansıtmaktadır. Yukarıdaki bulgular, kirlenmiş alanlarda kendiliğinden yetişen *H. helix* bitkisinin ağır metallerle kirlenmiş koşullara uyum sağlayabildiğini ve yapraklarında yüksek oranda çoklu metal biriktirebildiğini göstermektedir. Bu bitki, metalle kirlenmiş alanların restorasyonu için uygun olabilir ve de uygulanabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, aktif ve pasif taş ocaklarının *Hedera helix* bitkisinde ağır metal birikimine etkisini değerlendiren ilk araştırmadır. Bulgular, taş ocağı sahalarında Fe, Cu, Zn, Cd ve Mn düzeylerinin WHO limitlerini aştığını, özellikle yıkanmamış yapraklarda atmosferik birikimin önemli olduğunu ortaya koymuştur. Taş ocağı sahalarında tespit edilen ağır metal konsantrasyonları, kontrol sahasıyla karşılaştırıldığında daha yüksektir. Güçlü korelasyonlar, metallerin ortak kirlilik kaynaklarından geldiğini

göstermektedir. Elde edilen bulgular, *H. helix*'in ağır metallerle kirlenmiş toprakların iyileştirilmesinde ve ekosistem izlemelerinde potansiyel olarak kullanılabilirliğini göstermektedir. Bu bağlamda, taş ocaklarının çevresel etkilerinin düzenli olarak izlenmesi; özellikle metal yoğunluğunun yüksek olduğu alanlarda rehabilitasyon çalışmalarının yürütülmesi, toz kontrolü sağlanması ve yeşil bariyerlerin oluşturulması önemlidir.

Ayrıca, farklı mevsimlerde ve çeşitli mesafe aralıklarında yapılacak uzun süreli izleme çalışmaları ile metal birikiminin mekânsal ve zamansal değişimi belirlenmeli, benzer yöntemler diğer yerel bitki türlerinde de uygulanarak kapsamlı bir biyomonitör veri tabanı oluşturulmalı ve bu veriler ışığında sürdürülebilir taş ocağı yönetim planları hayata geçirilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bitkilerin teşhisindeki katkılarından dolayı Prof. Dr. Serdar MAKBUL'a teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- Aksoy A, Osma E, Serin M, Leblebici Z (2012) İstanbul'da bazı sebzeler ve topraklarda ağır metal birikimi. *Ekoloji Dergisi*, 21:1-8.
- Alloway BJ (2013) Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. Springer.
- Al-Snafi AE (2018) Pharmacological and therapeutic activities of *Hedera helix* a review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 8(5):41-53.
- Ataabadi M, Hoodaji M, Najafi P (2012) Assessment of washing procedure for determination some of airborne metal concentrations. *African Journal of Biotechnology*, 11(19):4391-4395. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2781>
- Ayodele OJ, Shittu OS, Balogun T (2014) Heavy metal pollution assessment of granite quarrying operations at Ikole-Ekiti Nigeria. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 2(6):333-339. <https://doi.org/10.11648/j.ijema.20140206.16>
- Castanheiro A, Samson R, De Wael K (2016) Magnetic and particle based techniques to investigate metal deposition on urban green. *Science of the Total Environment*, 571:594-602. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.026>
- Cohen J (1988) Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd Edn. Lawrence Erlbaum Associates Hillsdale, NJ.
- Dabanovic V, Soskic M, Durovic D, Mugosa B (2016) Investigation of heavy metals content in selected tea brands marketed in Podgorica Montenegro. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 7(12):4798-4704. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.7\(12\).4798-04](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.7(12).4798-04)
- Donald AN, Raphael PB, Olumide OJ, Amarachukwu OF (2022) The synopsis of environmental heavy metal pollution. *American Journal of Environmental Sciences*, 18:125-134. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2022.125.134>

- Ehis-Eriakha CB, Akemu SE (2022) Impact of heavy metal pollution on the biotic and abiotic components of the environment. *South Asian Journal of Research in Microbiology*, 13(3):38-54. <https://doi.org/10.9734/SAJRM/2022/v13i330302>
- Eisler R (2004) Arsenic hazards to humans, plants, and animals from gold mining. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 180:133-165. https://doi.org/10.1007/0-387-21729-0_3
- Emerson RW (2019) Eta-squared effect size in ANOVA tests. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 113(4):396-397. <https://doi.org/10.1177/0145482X19868350>
- ESRI (2020) ArcMap 10.8 [Computer software]. Environmental Systems Research Institute. <https://desktop.arcgis.com>
- European Environment Agency (2018). CORINE Land Cover (CLC) 2018, Version 2020_20u1 [Data set]. Copernicus Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>
- Giller KE, Witter E, McGrath SP (1998) Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(10-11):1389-1414. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(97\)00270-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00270-8)
- Güzel İzmirli Ş (2025a) Farklı bitki türlerinin ağır metal içerikleri üzerine taş ocaklarının etkisinin değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 15(2):432-450. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1607018>
- Güzel İzmirli Ş (2025b) Taş ocağı faaliyetlerinin *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (kartal eğrelti otu)'un ağır metal içeriği üzerine etkisi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 10(5):638-646. <https://doi.org/10.35229/jaes.1723228>
- Hasan Z, Anwar Z, Khattak KU, Islam M, Khan RU, Khattak JZK (2012) Civic pollution and its effect on water quality of river Toi at district Kohat NWFP. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 4(3):334-339.
- Ifeoma EL, Awotoye Olusegun O, Ogbonna Princewill C (2014) Spatial distribution of heavy metals in soil and plant in a quarry site in Southwestern Nigeria. *Research Journal of Chemical Sciences*, 4(8):1-6.
- Iqbal H, Khattak B, Ayaz S, Rehman A, Ishfaq M, Abbas MN, Malik MS, Wahap A, Imran A, Mehsud S (2013) Pollution based study of heavy metals in medicinal plants *Aloe vera* and *Tamarix aphylla*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(4):054-058. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.3409>
- Jaishankar M, Mathew BB, Shah MS, Gowda KRS (2014). Biosorption of few heavy metal ions using agricultural wastes. *Journal of Environment Pollution and Human Health*, 2(1):1-6.
- Kırış E (2020) Health risk assessment of trace elements in medicinal plants consumed as medicine and food in Rize Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29:5259-5270.
- Kumar V, Sharma A, Dhunna G, Chawla A, Bhardwaj R, Thukral AK (2017) A tabulated review on distribution of heavy metals in various plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(3):2210-2260. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7747-1>
- Liao X, Fu Y, He Y, Yang Y (2014) Occurrence of arsenic in fruit mango plant (*Mangifera indica* L.) and its relationship to soil properties. *Catena*, 113:213-218. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.07.011>
- Lubal MJ (2024) Impact of heavy metal pollution on the environment. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 45(11):97-105. <https://doi.org/10.56557/upjz/2024/v45i114074>
- McAllister HA, Marshall RH (2017) *Hedera the Complete Guide*. The Royal Horticultural Society, London, UK, pp 401.

- Metcalf DJ (2005) *Hedera helix* L.. *Journal of Ecology*, 93(3):632-648.
- Mustapha B, Kubmarawa D, Shagal MH, Hayatudeen A (2016) Heavy metal profiles of medicinal plants found within the vicinity of quarry site in Demsa Adamawa State Nigeria. *British Journal of Applied Science and Technology*, 13(1):1-6.
- Nagajyoti P, Lee K, Sreekanth T (2010) Heavy metals occurrence and toxicity for plants a review. *Environmental Chemistry Letters*, 8(3):199-216. <https://doi.org/10.1007/s10311-010-0297-8>
- Nazir R, Khan M, Masab M, Rehman HU, Rauf NU, Shahab S, Ameer N, Sajed M, Ullah M, Rafeeq M, Shaheen Z (2015) Accumulation of heavy metals (Ni, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe) in the soil, water and plants and analysis of physico-chemical parameters of soil and water collected from Tanda Dam Kohat. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 7(3):89-97.
- Nesterkov AV (2019) Surface pollution of meadow plants during the period of reduction of atmospheric emissions from a copper smelter. *Russian Journal of Ecology*, 50(4): 408-412. <https://doi.org/10.1134/S106741361904012X>
- Ogbonna PC, Emea R, Teixeira da Silva JA (2011) Heavy metal concentration in soil and woody plants in a quarry. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 93(5):895-903. <https://doi.org/10.1080/02772248.2011.564361>
- Ogbonna CE, Nwafor FI, Ogonnaya OO (2020) Dust accumulation heavy metal content and stomata morphology of some medicinal plants at rock quarrying locations at Lokpaukwu, Nigeria. *International Journal of Environment and Climate Change*, 10(12):540-549. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2020/v10i1230331>
- Ogunmade TB, Adeyemi OO, Osobamiro TM, Olubusoye BS, Alabi OJ (2023) Assessment of the level of heavy metals in ecosystem around quarry site in Ogun State, Nigeria. PREPRINT Version 1 Available at Research Square.
- Oğuz Hİ, Bağdatlı M, Erdoğan O, Karatepe A, Karipçin F (2016) Sulama suyu kaynakları ve çerezlik kabak (*Cucurbita pepo* L.)'ta arsenik kontaminasyonunun belirlenmesi: Nevşehir ilinde örnek bir uygulama. *Derim*, 33(1):109-118. <https://doi.org/10.16882/derim.2016.49349>
- Onete M, Paucă-Comănescu M (2008) Heavy Metal Content Assessment in Plants. In: Onete M (Ed) Species monitoring in the Central Parks of Bucharest, Ars Docendi University of Bucharest, pp 26-53.
- Rabiu M (2022) A phyto analysis of heavy metal pollution in abandoned quarry in Mpape, FCT, Abuja, Nigeria. *African Journal of Environmental Sciences and Renewable Energy*, 3(1):12-23.
- Rahman MM, Asaduzzaman M, Naidu R (2013) Consumption of arsenic and other elements from vegetables and drinking water from an arsenic-contaminated area of Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials*, 262:1056-1063. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.06.045>
- Saran A, Mendez MJ, Much DG, Imperato V, Thijs S, Vangronsveld J, Merini LJ (2024) Quantification of airborne particulate matter and trace element deposition on *Hedera helix* and *Senecio cineraria* leaves. *Plants*, 13(17):2519. <https://doi.org/10.3390/plants13172519>
- Shah A, Niaz A, Ullah N, Rehman A, Akhlaq M, Zakir M, Suleman Khan M (2013) Comparative study of heavy metals in soil and selected medicinal plants. *Journal of Chemistry*, 621265:1-5. <https://doi.org/10.1155/2013/621265>
- Shen Z, Chen Y, Xu D, Li L, Zhu Y (2020) Interactions between heavy metals and other mineral elements from soil to medicinal plant Fengdan (*Paeonia ostii*) in a copper mining area, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27:33743-33752. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09358-z>
- Srivastava H, Saini P, Singh A, Yadav S (2024) Heavy Metal Pollution and Biosorption, In: Saini P (Ed) Biosorption Processes for Heavy Metal Removal, IGI Global Scientific Publishing, pp 1-38.
- Strelau M, Clements DR, Benner J, Prasad R (2018) The biology of Canadian weeds: 157. *Hedera helix* L. and *Hedera hibernica* (G. Kirchn.) Bean. *Canadian Journal of Plant Science*, 98(5): 1005-1022. <https://doi.org/10.1139/cjps-2018-0009>
- ur Rehman K, Hamayun M, Khan SA, Iqbal A, Hussain A (2019) Heavy metal analysis of locally available anticancer medicinal plants. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 16(1):105-111. <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/2727>
- White R, LeTard LA (2002) Investigating environmental pollution through dendrochemical analysis. *OSCAR Journal*, 9.
- WHO (1999) Monographs on Selected Medicinal Plants. World Health Organization. Vol 1, WHO Geneva.
- WHO (2001) Environmental Health Criteria 224 Arsenic and Arsenic Compounds. World Health Organization Geneva.
- Yalçın F (2021) Data analysis of heavy metals in Akkaya Lake reservoir soils using multivariate statistical analysis. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(1):249-257. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i1.249-257.4040>
- Yaşar Ü (2009) *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* (Fabaceae)'un ağır metal kirliliğinde biomonitor olarak kullanımı. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yu KC, Tsai LJ, Chen SH, Chang DJ, Ho ST (2001) Multivariate correlations of geochemical binding phases of heavy metals in contaminated river sediment. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 36(1):1-16. <https://doi.org/10.1081/ESE-100000467>

Process Monitoring with Individual Measurements: A Case Study in Corrugated Cardboard Industry

Bireysel Ölçümler ile Proses İzleme: Oluklu Mukavva Endüstrisinde Bir Örnek Çalışma

Sebahattin TİRYAKİ^{*1}, Aytaç AYDIN², Sedat ONDARAL²

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu, Arsin, Trabzon

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Merkez, Trabzon

Eser bilgisi / Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1722824

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Sebahattin TİRYAKİ

e-mail: stiryaki@ktu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

19.06.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

21.09.2025

Kabul tarihi / Accepted

05.10.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Keywords:

Bursting strength

Control chart

Quality

Variability

Anahtar kelimeler:

Patlama direnci

Kontrol grafiği

Kalite

Değişkenlik

Abstract

Monitoring production processes with statistical process control charts can provide useful information about the process. This application aims to reveal whether the production process is in control in terms of the data of the bursting strength through exponentially weighted moving average (EWMA) and individual-moving range (I-MR) control charts. Both EWMA chart and I-MR charts were created using the bursting strength data provided from an enterprise for a certain period of time. Within the scope of the study, a total of 126 data belonging to the bursting strength were used to create the control charts. In the creating of the EWMA chart, the weighting factor (λ) was chosen as 0.2. The results of all univariate process monitoring tools considered within the scope of the study showed that the production process was out of control in terms of the bursting strength. In other words, EWMA and I-MR charts were able to effectively detect the variations for the data set belonging to the quality variable under study. It was seen that the charts can be applied to the production process as effective signal detection and process control or monitoring tools in terms of the quality variable of interest.

Özet

İstatistiksel proses kontrol grafikleri ile üretim proseslerini izleme proses hakkında yararlı bilgiler sağlayabilir. Bu uygulama, üstel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) ve bireysel-hareketli aralık (I-MR) kontrol grafikleri aracılığıyla patlama direnci verileri açısından üretim prosesinin kontrolde olup olmadığını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Hem EWMA grafiği hem de I-MR grafikleri belirli bir zaman periyodu için bir işletmeden sağlanan patlama direnci verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında, patlama direncine ait toplam 126 veri kontrol grafiklerini oluşturmak için kullanılmıştır. EWMA grafiğinin oluşturulmasında, ağırlık faktörü (λ) 0.2 olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamında dikkate alınan tüm tek değişkenli süreç izleme araçlarının sonuçları, üretim prosesinin patlama direnci açısından kontrol dışı olduğunu göstermiştir. Diğer bir ifadeyle, EWMA ve I-MR grafikleri, çalışma altındaki kalite değişkenine ait veri seti için değişkenlikleri etkili bir şekilde tespit edebilmiştir. Grafiklerin, ilgilenilen kalite değişkeni açısından etkili sinyal tespit ve süreç kontrol veya izleme araçları olarak üretim sürecine uygulanabildiği görülmüştür.

INTRODUCTION

A corrugated cardboard generally consists of a corrugated layer sandwiched between two liner layers (Gok and Akpınar 2020). Its structure comprises odd layers, and their numbers are usually three or five. Inner and outer surfaces consist of a flat paper layer with a corrugated layer in between to achieve the necessary rigidity. It is possible to classify flat layers into different categories in terms of fiber content and strength properties. In the classification, kraftliner represents the group which contains primary cellulose fibers (Pidl et al. 2022). It was reported that the corrugated cardboard is often used in packaging because of its advantages such as its sturdiness and lightweight. However, it is worth mentioning that in

such a use, its ability to resist lateral forces during handling, transportation and storage is of critical importance in terms of preserving its structural integrity (Boaca et al. 2024). Undoubtedly, efficacious and continuous control or monitoring of quality variables of product or product components in production may contribute to meeting this expectation or requirement.

A control chart is essentially a graphical representation that shows how the variable values change versus the number of samples (Rifki et al. 2024). In other words, control charts make it possible to plot the statistics belonging to key quality variables that affect the quality of a process or product over time. With a general comment, if any of the statistics of the quality variable

exceeds the limits of chart, it is perceived as a sign of variability that needs to be taken into consideration or that may require action (Zwetsloot et al. 2024).

It was noted that control charts can offer the advantage of providing greater efficiency in production, reducing defects and faulty production, increasing profit and reducing costs (Şengöz 2018). Another benefit of control charts is that they help practitioners distinguish between common and assignable causes of variation (Haq and Khoo 2020). It is possible to mention that process variations are broadly categorized into two branches as common-cause and assignable-cause variations. If a process works only in the impact of common causes, it is said to be in control, while if it operates in the presence of assignable causes, it is described as out of control. In statistical process control literature, similar to the binary classification in the sources of variation, a classification can be made as the memory-less charts and the memory-type charts about control charts. The former is generally renowned for its effective use in determining large changes in the process while the latter is often used for monitoring small and moderate ones (Alevizakos et al. 2024).

The EWMA control chart is a well-known tool for process monitoring and was introduced by Roberts (1959). The ability to quickly detect small and moderate level shifts is known as the main advantage of this chart (Maravelakis and Castagliola 2009). To date, it has been widely used for many purposes in various fields, sometimes alone and sometimes in combination with other techniques. For example, Ramesh and Vasu (2019) tried EWMA control chart in paper industry. Kurt and Karayılmazlar (2021) monitored the tensile strength of particleboard by using EWMA control chart. Abdallah et al. (2021) benefited from EWMA chart to track packaging defects in food industry. Febrina and Fitriana (2022) employed the EWMA chart for quality control of crude palm oil product. Tiryaki (2025) applied the EWMA chart to monitor the changes in the density of MDF.

The I-MR control charts are varieties of Shewhart charts, and it is possible to say that the use of them is appropriate when the subgroup size is equal to 1 (Jin et al. 2022).

Literature research has revealed that these charts were employed for different objectives, some examples of which were given below. Mutlu and Altuntaş (2021) aimed to monitor technological changes through the I-MR charts based on patent data. Kurt (2022) employed the I-MR control charts combined with artificial neural network for particleboard screw withdrawal strength values. Essam Eissa (2024) tried the I-MR charts to monitor the quality in medicinal chemical industry. In another study, Erdoğan and Torman (2024) analyzed the causes of deforestation in Türkiye by various techniques, including the I-MR.

The current literature reveals the need for research on monitoring the bursting strength data in the papermaking industry using EWMA and I-MR control charts. On the other hand, considering the above literature knowledge, it is possible to claim that control charts may be useful in monitoring the bursting strength data of the quality variable under study and in understanding whether the process is out of control. Hence, this research aims to build the EWMA and I-MR charts to monitor the variability of the bursting strength data provided from an enterprise.

QUALITY TOOLS

EWMA Control Chart

The EWMA approach is often used for detecting quickly them relative to a Shewhart control chart in case of small degrees of shifts. The traditional EWMA chart is created based on the following statistic (Mitra et al. 2019).

$$Z_i = \lambda X_i + (1 - \lambda)Z_{i-1} \quad (1)$$

where, λ is a constant greater than zero and less than or equal to 1, and the starting value (at $i = 1$) is the process target ($Z_0 = \mu_0$). Sometimes, the mean of the preliminary data is taken into account as the starting value ($Z_0 = \bar{x}$). The CL (center line), UCL (upper control limit) and LCL (lower control limit) for the EWMA are as in equations 2-4. It is necessary to specify that L represents the width of the control limits in equations (Montgomery 2012).

$$UCL = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2i}]} \quad (2)$$

$$CL = \mu_0 \quad (3)$$

$$LCL = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1-\lambda)^{2i}]} \quad (4)$$

When large values of i are considered, it is possible to state that EWMA limits converge to the constant limits given in equations 5-7 (Abbas et al. 2011).

$$UCL = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \quad (5)$$

$$CL = \mu_0 \quad (6)$$

$$LCL = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}} \quad (7)$$

The EWMA considers both the current and historical or past information and is useful for capturing small to moderate shifts (Naveed et al. 2018).

I-MR Control Chart

The traditional Shewhart charts were introduced by Walter Shewhart in 1924 and have subsequently been employed in various manufacturing and service industries. The charts based on sample mean, range, standard deviation, individual data and moving range can be expressed as widely employed control charts. In cases where subgroup size is 1, it is appropriate to monitor the process based on individual observations (Mitra 2016, Mitra et al. 2019). Similar to the situation in the mean-range (\bar{x} -R) and mean-standard deviation (\bar{x} -s) charts, I-MR charts can be used simultaneously to monitor the mean and variance of the process, respectively, requiring the creation of two separate charts (Khoo et al. 2006). The MR of two successive measurements is computed as formulated below (Montgomery 2012).

$$MR_i = |x_i - x_{i-1}| \quad (8)$$

For the I-chart, the UCL, CL and LCL can be calculated using the following formulas (Işığışık 2012).

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (9)$$

$$CL = \bar{X} \quad (10)$$

$$LCL = \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (11)$$

For the MR-chart, the calculation formulas for the UCL, CL and LCL are as below (Mitra 2016).

$$UCL = D_4 \overline{MR} \quad (12)$$

$$CL = \overline{MR} \quad (13)$$

$$LCL = D_3 \overline{MR} \quad (14)$$

It is possible to note that D_3 , D_4 , d_2 are constants that depend on the sample size (Montgomery 2012).

MATERIAL AND METHOD

Material

In this study, a statistical process control application was carried out using the bursting strength data provided from an enterprise. It was noted that kraftliner is a type of paper with high strength values and is generally obtained from long-fiber coniferous trees such as spruce, fir, and pine. It can be used on the surface of corrugated cardboard (Dalgıç 2020). Within the scope of the study, the production process of kraftliner under investigation was explored in terms of the bursting strength data (kPa).

Method

Research Variable

It was noted that the kraftliner is generally required to have high bursting strength (Tuncer 2010). The burst strength was reported as one of the most representative tests for the mechanical characteristics of paperboard (Bota et al. 2017). It was also mentioned that the bursting strength of the corrugated board is among the most important tests in the packaging industry (Garbowski et al. 2021). In this regard, it can be claimed that the data of

bursting strength can be important in evaluating the product quality or performance. In the current study, the bursting strength characteristic, which may have an effect on the quality of the product, was taken into account as the quality variable.

Data Acquisition

The bursting strength data were considered in analyzing the process with control charts. A total of 126 samples were used for this quality variable. The data set for the analysis includes the bursting strength data provided from the enterprise for a period between 23 March 2022 and 12 June 2022. During this time period, the tests of the relevant quality variable were performed intermittently. Furthermore, special attention was paid to using the data with the recorded measurement day and time in the analyses since otherwise the chart results may be affected.

Design and Interpretation of Charts

Within the scope of this study, a total of 126 measurements or data of the bursting strength quality variable were employed in creating the EWMA and I-MR charts. Çubukçu (2021) pointed out that the λ , weighting factor, forms the backbone of the EWMA approach. Hamasha et al. (2023) emphasized that the choice of λ in the EWMA chart plays a key role in determining the sensitivity of the chart to detect process shifts. In another study, it was reported that small values of λ are more suitable for determining small shifts while medium and large values are more effective in capturing medium and large-scale shifts, respectively (Alevizakos et al. 2024). Çubukçu (2020) noted that the high values of λ hinders

the effectiveness of EWMA in capturing small systematic shifts. In the present study, λ , was taken as 0.2 in the EWMA chart, and the chart was constructed based on this value. Montgomery (2012) reported that this value of λ is one of the most popular choices.

The basic criterion for assessing the control status of a process is whether one or more points lie outside the control limits. In this regard, a point falling outside the control limits is interpreted as evidence that the process is out of control. On the other hand, additional criteria are sometimes used to increase the sensitivity of Shewhart control charts (Montgomery 2012). In the current study, the basic criterion outlined above was adopted in interpreting the charts or process in terms of the quality variable under study, and any point outside the control limits was interpreted as a sign that the process was out of control. In other words, no additional criteria or rules for the charts were taken into account within the scope of the study. Minitab software was used in the construction of all charts.

RESULTS AND DISCUSSION

Assessment of EWMA Results

To monitor the bursting strength variable in the production process of the product under study, a data set with sample size 1 and the data or sample number 126 was provided. The EWMA chart was employed to trace whether the measured values of quality variable is in a status of control or out-of-control. In the current study, λ , an important parameter in the design of the EWMA chart, was chosen as 0.2. The EWMA chart created using this value of λ was presented in Figure 1.

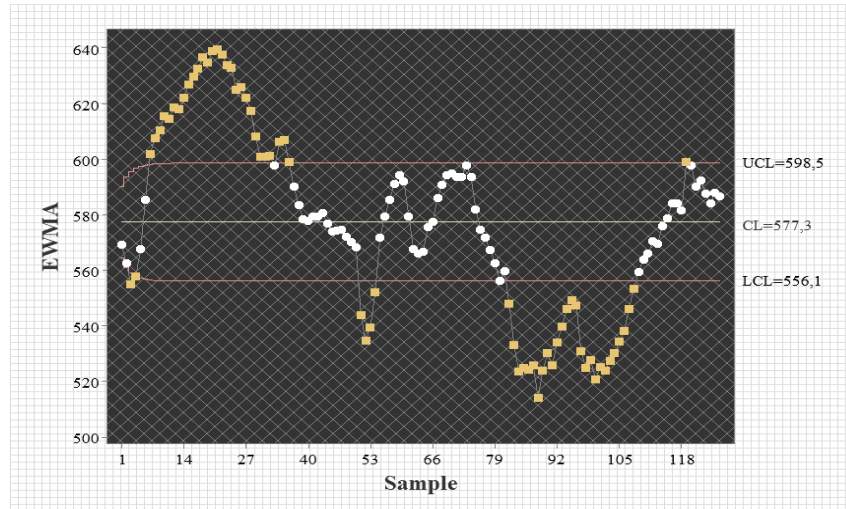


Figure 1. EWMA chart for bursting strength data

When Figure 1, which depicts the results of monitoring the data of the bursting strength variable with the EWMA chart, is examined, it is noticeable that there is a significant amount of data beyond the limits. It was noted that if any value of the EWMA statistic surpasses the limits of the control chart, the process is considered to be out of control (Çubukçu 2020). Therefore, it is possible to define the EWMA control chart as out of control in terms of the considered data set. Table 1 gives more detailed information about the EWMA control chart.

Figure 1 and Table 1 indicates that both the UCL and LCL of the EWMA control chart become almost constant after a certain number of samples were taken into account. It was reported in Montgomery (2012) that after the EWMA chart has been operating for a series of periods of time, its limits approach steady-state values. From Figure 1, it is also possible to conclude that the variability of the bursting strength data is high. Besides, it is noteworthy that in the first half of the chart, most of the out-of-control data points are above the UCL, while in the second half of the chart, the vast majority of the out-of-control data points are below the LCL. Alevizakos et al. (2024) stated that the EWMA is one of the most popular memory-type charts and its statistic is based on both the current and past samples.

Assessment of I-MR Results

In this research, an I-MR control chart was also created to observe the variability of the data of the bursting strength, and it was presented in Figure 2.

It is possible to see in Figure 2 for the I-chart that UCL is 641.0, LCL is 513.6 and CL is 577.3. For the MR-chart, the values of UCL, LCL and CL are 78.3, 0 and 24.0, respectively. It is clear that there are data points outside the limits in both the I and MR charts, indicating that the process is out of control for the quality variable under consideration. On the other hand, it was noted that Shewhart-type charts, which are known as memoryless-type control charts, employ only the most recent observations and forget past information (Chaudhary et al. 2023). More detailed information about the I-MR charts can be found in Table 2 below.

When Figure 2 and Table 2 obtained as a result of monitoring the bursting strength values with I-MR control charts are examined, it is possible to see that 20 of a total of 126 data marked in the I-chart are outside the limits, in other words, either above UCL or below LCL. It is understood that the distribution of out-of-control data is balanced.

Table 1. Information about the EWMA chart

Data no	LCL	UCL	Control status	Data no	LCL	UCL	Control status	Data no	LCL	UCL	Control status
1	564.5	590.0	IC	43	556.1	598.5	IC	85	556.1	598.5	OCC-
2	561.0	593.6	IC	44	556.1	598.5	IC	86	556.1	598.5	OCC-
3	559.0	595.5	OCC-	45	556.1	598.5	IC	87	556.1	598.5	OCC-
4	557.9	596.7	OCC-	46	556.1	598.5	IC	88	556.1	598.5	OCC-
5	557.2	597.3	IC	47	556.1	598.5	IC	89	556.1	598.5	OCC-
6	556.8	597.8	IC	48	556.1	598.5	IC	90	556.1	598.5	OCC-
7	556.5	598.0	OCC+	49	556.1	598.5	IC	91	556.1	598.5	OCC-
8	556.4	598.2	OCC+	50	556.1	598.5	IC	92	556.1	598.5	OCC-
9	556.2	598.3	OCC+	51	556.1	598.5	OCC-	93	556.1	598.5	OCC-
10	556.2	598.4	OCC+	52	556.1	598.5	OCC-	94	556.1	598.5	OCC-
11	556.1	598.4	OCC+	53	556.1	598.5	OCC-	95	556.1	598.5	OCC-
12	556.1	598.5	OCC+	54	556.1	598.5	OCC-	96	556.1	598.5	OCC-
13	556.1	598.5	OCC+	55	556.1	598.5	IC	97	556.1	598.5	OCC-
14	556.1	598.5	OCC+	56	556.1	598.5	IC	98	556.1	598.5	OCC-
15	556.1	598.5	OCC+	57	556.1	598.5	IC	99	556.1	598.5	OCC-
16	556.1	598.5	OCC+	58	556.1	598.5	IC	100	556.1	598.5	OCC-
17	556.1	598.5	OCC+	59	556.1	598.5	IC	101	556.1	598.5	OCC-
18	556.1	598.5	OCC+	60	556.1	598.5	IC	102	556.1	598.5	OCC-
19	556.1	598.5	OCC+	61	556.1	598.5	IC	103	556.1	598.5	OCC-
20	556.1	598.5	OCC+	62	556.1	598.5	IC	104	556.1	598.5	OCC-
21	556.1	598.5	OCC+	63	556.1	598.5	IC	105	556.1	598.5	OCC-
22	556.1	598.5	OCC+	64	556.1	598.5	IC	106	556.1	598.5	OCC-
23	556.1	598.5	OCC+	65	556.1	598.5	IC	107	556.1	598.5	OCC-
24	556.1	598.5	OCC+	66	556.1	598.5	IC	108	556.1	598.5	OCC-
25	556.1	598.5	OCC+	67	556.1	598.5	IC	109	556.1	598.5	IC
26	556.1	598.5	OCC+	68	556.1	598.5	IC	110	556.1	598.5	IC
27	556.1	598.5	OCC+	69	556.1	598.5	IC	111	556.1	598.5	IC
28	556.1	598.5	OCC+	70	556.1	598.5	IC	112	556.1	598.5	IC
29	556.1	598.5	OCC+	71	556.1	598.5	IC	113	556.1	598.5	IC
30	556.1	598.5	OCC+	72	556.1	598.5	IC	114	556.1	598.5	IC
31	556.1	598.5	OCC+	73	556.1	598.5	IC	115	556.1	598.5	IC
32	556.1	598.5	OCC+	74	556.1	598.5	IC	116	556.1	598.5	IC
33	556.1	598.5	IC	75	556.1	598.5	IC	117	556.1	598.5	IC
34	556.1	598.5	OCC+	76	556.1	598.5	IC	118	556.1	598.5	IC
35	556.1	598.5	OCC+	77	556.1	598.5	IC	119	556.1	598.5	OCC+
36	556.1	598.5	OCC+	78	556.1	598.5	IC	120	556.1	598.5	IC
37	556.1	598.5	IC	79	556.1	598.5	IC	121	556.1	598.5	IC
38	556.1	598.5	IC	80	556.1	598.5	IC	122	556.1	598.5	IC
39	556.1	598.5	IC	81	556.1	598.5	IC	123	556.1	598.5	IC
40	556.1	598.5	IC	82	556.1	598.5	OCC-	124	556.1	598.5	IC
41	556.1	598.5	IC	83	556.1	598.5	OCC-	125	556.1	598.5	IC
42	556.1	598.5	IC	84	556.1	598.5	OCC-	126	556.1	598.5	IC

Note: "IC" means in control, "OCC+" means out of control above UCL, and "OCC-" means out of control under LCL.

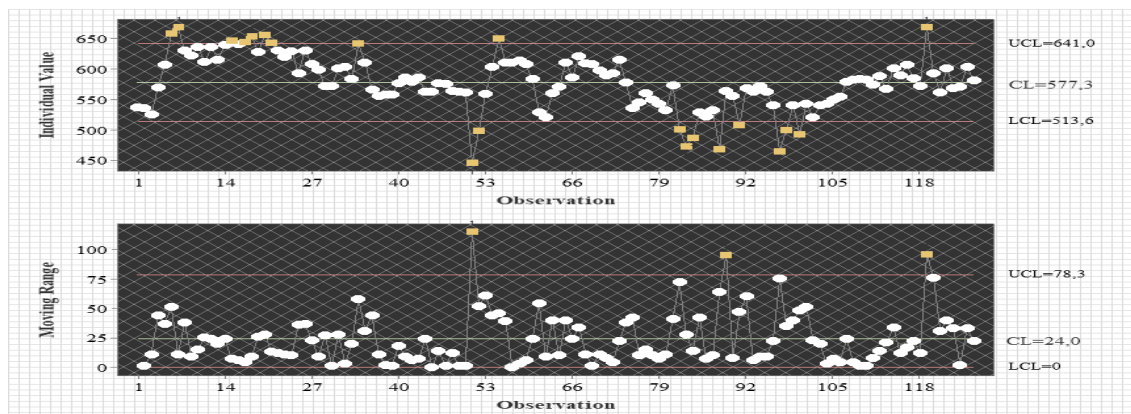


Figure 2. I-MR control charts for bursting strength data

In other words, it is possible to see that 10 of them are above UCL and the remaining 10 are below LCL. An evaluation of the results of the MR-chart revealed that only 3 of the 126 data are above UCL (data no: 51, 89 and 119), in other words, they are out of control. Namely, although only 3 of the data points are out-of-control or exceed the UCL, it does not eliminate the fact that there is an unusual change or variability in the process in terms

of the relevant variable. As stated earlier, it was emphasized in the literature that if any data point on the control chart exceeds the chart limits, this is considered as a sign that the process is not in control (Montgomery 2012). On the other hand, another important point to note here is that two (data no: 51 and 119) of the three data points observed as out of control in the MR-chart are also out of control in the I-chart.

Table 2. Information about the I-MR charts

I						MR					
Data no	Control status	Data no	Control status	Data no	Control status	Data no	Control status	Data no	Control status	Data no	Control status
1	IC	43	IC	85	IC	1	IC	43	IC	85	IC
2	IC	44	IC	86	IC	2	IC	44	IC	86	IC
3	IC	45	IC	87	IC	3	IC	45	IC	87	IC
4	IC	46	IC	88	OOC-	4	IC	46	IC	88	IC
5	IC	47	IC	89	IC	5	IC	47	IC	89	OOC+
6	OOC+	48	IC	90	IC	6	IC	48	IC	90	IC
7	OOC+	49	IC	91	OOC-	7	IC	49	IC	91	IC
8	IC	50	IC	92	IC	8	IC	50	IC	92	IC
9	IC	51	OOC-	93	IC	9	IC	51	OOC+	93	IC
10	IC	52	OOC-	94	IC	10	IC	52	IC	94	IC
11	IC	53	IC	95	IC	11	IC	53	IC	95	IC
12	IC	54	IC	96	IC	12	IC	54	IC	96	IC
13	IC	55	OOC+	97	OOC-	13	IC	55	IC	97	IC
14	IC	56	IC	98	OOC-	14	IC	56	IC	98	IC
15	OOC+	57	IC	99	IC	15	IC	57	IC	99	IC
16	IC	58	IC	100	OOC-	16	IC	58	IC	100	IC
17	OOC+	59	IC	101	IC	17	IC	59	IC	101	IC
18	OOC+	60	IC	102	IC	18	IC	60	IC	102	IC
19	IC	61	IC	103	IC	19	IC	61	IC	103	IC
20	OOC+	62	IC	104	IC	20	IC	62	IC	104	IC
21	OOC+	63	IC	105	IC	21	IC	63	IC	105	IC
22	IC	64	IC	106	IC	22	IC	64	IC	106	IC
23	IC	65	IC	107	IC	23	IC	65	IC	107	IC
24	IC	66	IC	108	IC	24	IC	66	IC	108	IC
25	IC	67	IC	109	IC	25	IC	67	IC	109	IC
26	IC	68	IC	110	IC	26	IC	68	IC	110	IC
27	IC	69	IC	111	IC	27	IC	69	IC	111	IC
28	IC	70	IC	112	IC	28	IC	70	IC	112	IC
29	IC	71	IC	113	IC	29	IC	71	IC	113	IC
30	IC	72	IC	114	IC	30	IC	72	IC	114	IC
31	IC	73	IC	115	IC	31	IC	73	IC	115	IC
32	IC	74	IC	116	IC	32	IC	74	IC	116	IC
33	IC	75	IC	117	IC	33	IC	75	IC	117	IC
34	OOC+	76	IC	118	IC	34	IC	76	IC	118	IC
35	IC	77	IC	119	OOC+	35	IC	77	IC	119	OOC+
36	IC	78	IC	120	IC	36	IC	78	IC	120	IC
37	IC	79	IC	121	IC	37	IC	79	IC	121	IC
38	IC	80	IC	122	IC	38	IC	80	IC	122	IC
39	IC	81	IC	123	IC	39	IC	81	IC	123	IC
40	IC	82	OOC-	124	IC	40	IC	82	IC	124	IC
41	IC	83	OOC-	125	IC	41	IC	83	IC	125	IC
42	IC	84	OOC-	126	IC	42	IC	84	IC	126	IC

Note: "IC" means in control, "OOC+" means out of control above UCL, and "OOC-" means out of control under LCL.

In summary, the results of both EWMA and I-MR charts revealed that there were some out of control points in the charts in terms of the bursting strength variable. It was reported that any value of the control chart statistics that falls outside the control limits is an indication of process variation. In such a case, it is assumed that the variation encountered in the process or product is potentially caused by a removable assignable cause (Zwetsloot et al. 2024). Hence, it is possible to say that the results of the current study raise doubts about the existence of assignable causes.

CONCLUSION

In the current research, the I-MR and EWMA control charts, which are univariate control chart types, was employed to monitor a total of 126 data of the bursting strength provided from an enterprise. Evaluations were made based on the findings obtained. As can be seen from the results of the current study, the EWMA control chart was effective in identifying whether any variation exists in the process for this data set. The use of the EWMA chart demonstrated that the process in terms of the bursting strength quality variable was not in control. When looking at the I-MR control charts, it is possible to understand that the process is out of control in terms of both univariate control charts. Although the process is out of control in the MR chart, it can be said that the process is more stable in terms of bursting strength compared to the I-chart. The results of the control charts revealed that there were most likely some assignable causes affecting the process. Generally speaking, it is possible to claim that continuous control or monitoring of the production process in terms of product quality variable with control charts may help to better understand the actual status of the process and may be a guide in dealing with the factors that cause the process to get out of control. This can help keep a production process in control with as little variability as possible.

REFERENCES

- Abbas N, Riaz M, Does RJMM (2011) Enhancing the performance of EWMA charts. *Quality and Reliability Engineering International*, 27(6):821-833. <https://doi.org/10.1002/qre.1175>
- Abdallah RA, Haridy S, Shamsuzzaman M, Bashir H, Maged A (2021) An Application of EWMA Control Chart for Monitoring Packaging Defects in Food Industry. Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Singapore, March 7-11, pp. 2151-2159.
- Alevizakos V, Chatterjee A, Chatterjee K, Koukouvinos C (2024) The exponentiated exponentially weighted moving average control chart. *Statistical Papers*, 65:3853-3891. <https://doi.org/10.1007/s00362-024-01544-2>
- Boaca FI, Cananau S, Calin A, Bucur M, Prisecaru DA, Stoica M (2024) Mechanical analysis of corrugated cardboard subjected to shear stresses. *Journal of Composites Science*, 8:404. <https://doi.org/10.3390/jcs8100404>
- Bota J, Vukoje M, Brozović M, Hrnjak-Murgić Z (2017) Reduced water permeability of biodegradable PCL nanocomposite coated paperboard packaging. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 31(4):417-424. <https://doi.org/10.15255/CABEQ.2017.1126>
- Chaudhary AM, Sanaullah A, Hanif M, Almazah MMA, Albasheir NA, Al-Duais FS (2023) Efficient monitoring of a parameter of non-normal process using a robust efficient control chart: a comparative study. *Mathematics*, 11(19):4157. <https://doi.org/10.3390/math11194157>
- Çubukçu HC (2020) The weighting factor of exponentially weighted moving average chart. *Turkish Journal of Biochemistry*, 45(5): 639-641. <https://doi.org/10.1515/tjb-2019-0368>
- Çubukçu HC (2021) Performance evaluation of internal quality control rules, EWMA, CUSUM, and the novel machine learning model. *Turkish Journal of Biochemistry*, 46(6): 661-670. <https://doi.org/10.1515/tjb-2021-0199>
- Dalğıç E (2020) Çift dalga oluklu mukavva üretiminde farklı dalga kombinasyonlarının kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Erdoğan M, Torman R (2024) Analyzing the causes of deforestation with statistical quality control methods in Turkey. *Researcher*, 04(02):192-210.
- Essam Eissa M (2024) Tracking stability using Shewhart charts to elucidate trending patterns in glyceryl guaiacolate assay: paving the way for quality improvement in medicinal chemical industry. *Acta Natura et Scientia*, 5(2):119-124. <https://doi.org/10.61326/actanatsci.v5i2.314>
- Febrina W, Fitriana W (2022) Exponential weight moving average (EWMA) control chart for quality control of crude palm oil product. *International Journal of Management and Business Applied*, 1(1):19-27. <https://doi.org/10.54099/ijmba.v1i1.93>
- Garbowski T, Gajewski T, Grabski JK (2021) Estimation of the compressive strength of corrugated cardboard boxes with various openings. *Energies*, 14(1):155. <https://doi.org/10.3390/en14010155>
- Gok B, Akpınar D (2020) Investigation of strength and migration of corrugated cardboard boxes. *Hittite Journal of Science and Engineering*, 7(3):163-168. <https://doi.org/10.17350/HJSE19030000185>
- Hamasha MM, Obeidat MS, Alzoubi K, Shawaheen G, Mayyas A, Almomani HA, Al-Sukkar A, Mukkatash A (2023) Symmetry of gamma distribution data about the mean after processing with EWMA function. *Scientific Reports*, 13:15096. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39763-6>
- Haq A, Khoo MBC (2020) Multivariate process dispersion monitoring without subgrouping. *Journal of Applied Statistics*, 47(9):1652-1675. <https://doi.org/10.1080/02664763.2019.1688262>
- İşığöç E (2012) Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatistiksel Kalite Kontrol (2. Baskı). Ezgi Kitapevi Yayınları, Bursa.

- Jin X-L, Song JB, Peng JX, Pan X-P, Guo R, Xing X-F (2022) Study on the established customized limits for the daily quality assurance procedure. *Journal of Radiation Research*, 63(1):128-136. <https://doi.org/10.1093/jrr/rrab079>
- Khoo MBC, Quah SH, Ch'ng CK (2006) A combined individuals and moving range control chart. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 5(1):248-257. <https://doi.org/10.22237/jmasm/1146457140>
- Kurt R, Karayilmazlar S (2021) Which control chart is the best for the particleboard industry: Shewhart, CUSUM or EWMA? *Drewno*, 64(208):95-117. <https://doi.org/10.12841/wood.16443985.382.07>
- Kurt R (2022) Control of system parameters by estimating screw withdrawal strength values of particleboards using artificial neural network-based statistical control charts. *Journal of Wood Science*, 68:64. <https://doi.org/10.1186/s10086-022-02065-y>
- Maravelakis PE, Castagliola P (2009) An EWMA chart for monitoring the process standard deviation when parameters are estimated. *Computational Statistics and Data Analysis*, 53:2653-2664. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2009.01.004>
- Mitra A (2016) *Fundamentals of Quality Control and Improvement*. 4th Edition, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
- Mitra A, Lee KB, Chakraborti S (2019) An adaptive exponentially weighted moving average-type control chart to monitor the process mean. *European Journal of Operational Research*, 279(3):902-911. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.07.002>
- Montgomery DC (2012) *Introduction to Statistical Quality Control*. 7th Edition, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Mutlu NG, Altuntaş S (2021) Monitoring technological changes with statistical control charts based on patent data. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36(4):1875-1892.
- Naveed M, Azam M, Khan N, Aslam M (2018) Design of a control chart using extended EWMA statistic. *Technologies*, 6:108. <https://doi.org/10.3390/technologies6040108>
- Pidl R, Fehér L, Böröcz P (2022) The effect of side wall cutout sizes on corrugated box compression strength in the function of length-to-width ratios-an experimental study. *Applied Sciences*, 12:6939. <https://doi.org/10.3390/app12146939>
- Ramesh S, Vasu BA (2019) Application of EWMA chart for monitoring process mean in paper industry. *Management Science Letters*, 9:571-576. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2019.1.006>
- Rifki KAF, Rosyadi N, Zenklinov AP, Suhermi N (2024) Intrusion detection systems (IDSs) using multivariate control chart Hotelling's T^2 with dimensional reduction of factorial analysis of mixed data (FAMD) and autoencoder. *INFERENSI*, 7(1):1-9. <https://doi.org/10.12962/j27213862.v7i1.18751>
- Roberts SW (1959) Control chart tests based on geometric moving averages. *Technometrics*, 1(3):239-250. <https://doi.org/10.1080/00401706.1959.10489860>
- Şengöz NG (2018) Control Charts to Enhance Quality. In: Leo D. Kounis (Ed.) *Quality management systems-a selective presentation of case-studies showcasing its evolution*. IntechOpen. pp. 153-194.
- Tiryaki S (2025) A detailed statistical process control implementation for density in MDF manufacture through PCA, Shewhart and EWMA charts. *European Journal of Wood and Wood Products*, 83:80. <https://doi.org/10.1007/s00107-025-02233-z>
- Tuncer T (2010) Karton ambalaj ve oluklu mukavva üretiminde kullanılan kraft liner ve saman fluting malzemelerinin seçim kriterlerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zwetsloot IM, Jones-Farmer LA, Woodall WH (2024) Monitoring univariate processes using control charts: some practical issues and advice. *Quality Engineering*, 36(3):487-499. <https://doi.org/10.1080/08982112.2023.2238049>

Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) Gençleştirme Meşçeresinde Kontrollü Yakmanın Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi

The Effect of Prescribed Burning on Soil Properties in Regeneration Stands of Anatolian Black Pine (*Pinus nigra*)

Ayşegül Gözde TIRYAKI GÜNGÖR*¹ , Ömer KÜÇÜK² , Mehmet KÜÇÜK³ , Ertuğrul BİLGİLİ⁴ 

¹Kastamonu Üniversitesi, Araç Rafet Vergili Meslek Yüksekokulu Ormancılık Bölümü, Kastamonu

²Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kastamonu

³Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin

⁴Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

Eser bilgisi/Article Info

Araştırma makalesi/Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1744865](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1744865)

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Ayşegül Gözde TIRYAKI GÜNGÖR

e-mail: atiryaki@kastamonu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

17.07.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

01.10.2025

Kabul tarihi / Accepted

07.10.2025

Elektronik erişim/Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Kontrollü yakma

Karaçam

Toprak özellikleri

Keywords:

Prescribed burning

Black pine

Soil properties

Özet

Orman yangınlarının ekolojik etkileri, orman varlığımızın sürdürülebilirliği ve korunması orman ekosistemindeki değişimlerin bilinmesi ile ilişkilidir. 21. yüzyılda orman yangınlarının önemli derecede orman ekosistemini ve yangın rejimini etkileyeceği belirtilmektedir. Bu çalışmada Anadolu karaçamı gençleştirme meşçeresinde kontrollü yakmanın toprak özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Kontrollü yakma sonrası üzerindeki kül rengi ve miktarına göre toprak az, orta ve şiddetli olarak sınıflandırılmıştır. Bu üç alandan üç tekerrürlü toplam dokuz deneme alanı ve ek olarak üç kontrol alanı oluşturulmuş, 0-5cm ve 5-15cm derinlik kademelerine göre alınan örneklerde bazı toprak analizleri yapılmıştır. Kontrollü yakma alanlarında saturasyon değerinin azaldığı, ağır bünyeli topraklardan hafif bünyeli topraklara geçildiği, pH ve EC değerlerinin arttığı, organik madde ve N miktarının azaldığı, C/N oranının organik karbona bağlı olarak arttığı ayrıca P, Ca, Mg, K, Na ve kireç değerlerinin de tüm alanların en az birinde arttığı bulunmuştur. Şiddetli ve büyük orman yangınlarının toprak özellikleri üzerine olan olumsuz etkisi kontrollü yakma uygulaması yaptığımız alanlarda görülmemiştir. Aksine yangın şiddetinin düşük olması, yanıcı madde tüketiminin az olması gibi faktörler toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumlu etkilenmiştir. Özellikle besin maddesince yeterli olan topraklarda uygulanması ayrışmanın yavaş olduğu çam meşçerelerinde ölü örtü birikimini azaltmaya, tohumu toprakla buluşturmaya ve şiddetli orman yangınlarının zararını önlemeye yönelik olduğu anlaşılmaktadır.

Abstract

The ecological impacts of forest fires are related to understanding changes in forest ecosystems, which are crucial for the sustainability and protection of our forest resources. It is noted that forest fires will significantly affect forest ecosystems and fire regimes in the 21st century. This study investigated the effects of prescribed burning on soil properties in a young Anatolian black pine regeneration stand. Soil was classified as low, medium, and severe based on the color and amount of ash present after prescribed burning. A total of nine replicate trial areas were established from these three areas, along with three additional control areas. Soil analyses were performed on samples taken at depths of 0-5 cm and 5-15 cm. It was found that saturation values decreased in the prescribed burning areas, heavy soils transitioned to light soils, pH and EC values increased, organic matter and N amounts decreased, the C/N ratio increased depending on organic carbon, and P, Ca, Mg, K, Na, and lime values increased in at least one of all areas. The negative impact of severe and large forest fires on soil properties was not observed in the areas where we applied prescribed burning. On the contrary, factors such as low fire intensity and low consumption of combustible material positively affected the physical and chemical properties of the soil. It is understood that prescribed burning, especially when applied to nutrient-sufficient soils in pine forests where decomposition is slow, aims to reduce litter accumulation, bring seeds into contact with the soil, and prevent the damage caused by severe forest fires.

GİRİŞ

Ormanların insan yaşamına katkısı, doğal dengenin sağlanması, ekosistem hizmetlerini devam ettirmesi ve ekonomik olarak farklı sektörlere katkıda bulunması gibi

önemli işlevleri bulunmaktadır. Bununla birlikte ormanlar çok sayıda zararlıların tehdidi altındadır. Bunların en önemlilerinden biri de orman yangınlarıdır (Certini ve Scalenghe 2021, Küçük ve Sevinç 2023). Çam türlerinin hakimiyetindeki ekosistemlerde sistemin devamlılığı

açısından yangınlar önemli bir ekolojik faktördür (Agee 1998). Ancak çam türlerinin reçine içeriğinin fazla ve kurak yetiştirme bölgelerinde büyük ve saf meşcereler kurması yangınlardan daha fazla etkilenmesine neden olmaktadır. Yangınlardan ekosisteme zarar veren, yok eden bir yaklaşımla bahsedilirken, günümüzde daha çok ekosistemin bir parçası, hatta hayati bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir (Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu 2021). Ekosistem dinamiklerinin anlaşılması ile birlikte kontrollü yakmayı yöneticiler kolay, ekonomik ve doğal bir yöntem olarak kullanmışlar, dolayısıyla ekosistemin doğal yapısını koruyabileceği gibi farklı yapı ve kompozisyona dönüşmesini de sağlamışlardır (Bilgili ve ark. 2021). Kontrollü yakmanın özellikle düşük şiddetli olması belirli yönetim hedeflerine ulaşmayı kolaylaştırmıştır (Hiers ve ark. 2020, Francos ve Úbeda 2021). Doğal orman yangınlarını kontrol etmek, yanıcı madde miktarını yönetmek, şiddetli orman yangınları riskini düşürmek gibi ormancılık faaliyetleri için yönetim aracı olarak kullanılmaktadır. Özellikle toprak üzerindeki yanıcı madde miktarının azalması ile fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak toprağı etkilemektedir (Francos ve Úbeda 2021). Kontrollü yakma uygulamasında yangın şiddeti düşüktür ve toprak özellikleri bu durumdan olumlu etkilenmektedir (Fellows ve ark. 2018, Dems ve ark. 2021). Bununla beraber ülkemizde yangının ekolojik etkilerinin anlaşılması için karaçam meşceresinde yapılan çalışmaların çok sınırlı olduğu bilinmektedir. Özellikle kızılçam meşceresinde bu tür çalışmalar yoğunlaşmaktadır. Hâlbuki kızılçamdan sonra en çok yayılış alanına sahip karaçam meşceresinde iklim değişikliğinin etkisiyle son zamanla ciddi orman yangınları meydana gelmektedir. Bu iki türde yangının ekolojik etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi ve yangın amenajmanı çalışmalarında daha sağlıklı kararlar verebilmek için bu çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, doğal gençleştirmeye tabi tutulmuş ve idare süresini tamamlamış Anadolu karaçamı meşceresinde, kontrollü yakma uygulamasının toprak özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Örtü yangını şeklinde gerçekleştirilen bu kontrollü yakmaların, düşük, orta ve yüksek şiddet düzeylerinde toprak özelliklerinde meydana getirdiği değişimler ortaya konmuştur. Kontrollü yakma ile orman zemininde birikmiş yanıcı

madde miktarının azaltılması ve yakma sonrası oluşan külün toprağına karışması sonucunda, toprak özelliklerinde gözlenen değişimler detaylı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular hem kontrollü yakma planlamalarında hem de yangınların ekolojik etkilerinin değerlendirilmesinde önemli katkı sağlayacaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Alanının Tanıtımı

Bu çalışma Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Araç Orman İşletme Müdürlüğü Şerifebacı Orman İşletme Şefliği Anadolu karaçamı (*Pinus nigra*) meşceresinde (Çkcd3) 59 no'lu bölmede kontrollü yakma uygulaması olarak yapılmıştır. Anadolu karaçamı meşceresi 41°19'26.15" kuzey enlemleri ile 33°25'32.69" doğu boylamları arasında, kapallığı %50, yükseltisi 1214 m ve doğu bakıda yer almaktadır. Meşcere yaşı 96 (yıl), ortalama boyu 24m, göğüs çapı ($d_{1.30}$) 43cm olarak ölçülmüştür. Bu meşcere silvikültür planında gençleştirmeye konu saha olarak belirlenmiştir. Orman İşletme Müdürlüğüne yapılan silvikültürel uygulamalar kontrollü yakmalardan hemen önce bitirilmiştir.

Deneme Alanlarının Oluşturulması, Örneklerin Alınması ve Analizlerin Yapılması

Deneme alanları, diri örtü sorunu olmayan ya da çok az olan, doğal dal budanması iyi meşcerelerden seçilmiştir. Bu şartlar altında idare süresini doldurmuş ve gençleştirme programına alınmış karaçam meşceresinde saha hazırlığı yapılmış ve örtü yangını olarak gerçekleştirilmiştir. Kontrollü yakma sonrası alan, yangın şiddetini temsilen kül miktarı ve renge göre şiddetli (yanmış beyaz), orta (yanmış siyah) ve az (kömürleşmiş siyah) olmak üzere sınıflandırılmıştır (Ryan 2002). Ayrıca kontrol alanı da bir deneme alanı olarak belirlenmiştir. Karaçam meşceresinde 1 hektarlık kontrollü yakma uygulaması yapılmış ve alandan her yangın şiddeti sınıfına ait 3 deneme alanı 3 tekerrürlü olarak (9 deneme alanı) hazırlanmıştır. Kontrol sahasından ise alanı temsil eden 3 farklı noktadan toprak örnekleme yapılmıştır. Her biri 10m x 10m büyüklüğünde olan alanlardan iki derinlik (0-5cm, 5-15cm) kademesinden, mevsim değişimleri

etkisinin belirlenmesi amacıyla sonbahar, kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar şeklinde toplam 240 adet toprak örneği alınmıştır.



Şekil 1. Toprak örneklerinin alınması

Laboratuvarında toprak örnekleri hava kurusu hale gelinceye kadar bekletilmiş, porselen havanda öğütülmüş ve 2 mm'lik elek yardımıyla elenmiş, paketlenmiş ve etiketlenmiştir. Analizler Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezinde yapılmıştır. Toprak örneklerinde saturasyon, EC, pH, organik madde, azot, C/N oranı, P, Ca, Mg, K, Na ve toplam kireç gibi bitki besin element tayinleri yapılmıştır. Saturasyon (bünnye) tayini için 2 mm'lik elek yardımıyla elenmiş toprak su ile doygunluk yöntemi kullanılmıştır (Tüzüner 1990). pH ve EC analizi 1/2.5 toprak saf su karışımı esas alınarak göre 10 gram toprak örneği üzerinde yapılmıştır. Organik madde tayini, Walkley-Black ıslak yakma yöntemi ile organik karbon hesaplanarak organik madde miktarı bulunmuştur (Gülcur 1974). Toprakların azot içerikleri ise Kjeldhal yaş yakma yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir (Kacar 2009). C/N oranı organik karbon azota bölünmesi ile, Kireç (CaCO₃) ölçümü ise kalsimetre yöntemine göre hesaplanmıştır (Allison ve Moodie 1965). Karbon ve kireç ölçümleri 0.5 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örnekleri baz alınarak yapılmıştır. Topraklarda yararlanılabilir fosfor miktarı Bray ve Kurtz yöntemine göre Mildred Roy Spektrometrik 20 D spektrofotometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Kalra ve ark. 1991). Ayrıca toprakların Ca, Mg, K ve Na miktarları, amonyum asetat yöntemiyle belirlenmiş ve ölçümler AA-6601 SHIMADZU Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile yapılmıştır (Page ve ark. 1982).

İstatistik Değerlendirme

Yangın şiddetinin toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisini belirlemek için alınan toprak

örneklerinde SPSS programından (SPSS 2023) faydalanılmıştır. Toprak örneklerine ait veriler üzerinde varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi ikiden çok bağımsız değişkenin arasında istatistiksel olarak hem zamansal değişimler arasında hem de yangın şiddetleri arasında farklılığın olup olmadığını belirlemek için yapılmıştır. Toprak özellikleri arasındaki etkileşimi belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizinde ölçülen değişkenlerin birbirlerini etkileme durumlarını ve etkileme durumlarının pozitif ya da negatif yönde düzeylerini açıklamak için yapılmıştır.

BULGULAR

Kontrollü Yakmaların Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) Meşceresindeki Toprak Özelliklerine Etkisi

Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) meşceresinde kontrollü yakmaların toprak özellikleri üzerine ait ortalama veriler, 0-5 cm ve 5-15cm derinlik kademesine göre verilmiştir (Çizelge 1 ve Çizelge 2).

Saturasyon

Topraktaki 0-5 cm ve 5-15cm derinlik kademelerinde ortalama en düşük saturasyon değeri yangının şiddetli olduğu alanda (%63, %58), en yüksek ise kontrol alanında (%185, %102) ölçülmüştür. Her iki derinlik kademesinde genel ortalamalar bakımından kontrol alanına göre tüm alanlarda saturasyon değerleri düşük çıkmıştır. 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanlarındaki saturasyon değerleri arasında farklılık bulunmaktadır ($p < 0.05$). 5-15 cm derinlik kademesinde ise istatistiksel olarak ölçüm zamanı

bakımından az şiddetli yangın alanı ve orta şiddetli yangın alanında farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$).

Toprak Reaksiyonu (pH)

Toprağın pH değeri 0-5 cm derinlik kademesinde en yüksek orta şiddetli yangın alanında (7.06), en düşük ise kontrol alanında (5.07) olarak ölçülmüştür. 5-15 cm derinlik kademesinde ise en ilgili değerler kontrol alanında sırası ile 7.29 ve 5.83 olarak belirlenmiştir. Her iki derinlik kademesinde de bütün yangın alanlarındaki pH değerleri kontrol alanlarına nazaran yüksek olduğu bulunmuştur. Yangının etkisi 5-15 cm derinlik kademesinde şiddetli alanlar hariç tüm örnekleme noktalarındaki pH değerlerindeki farklılık istatistik olarak önemli düzeyde çıkmıştır ($p<0.05$).

Elektriksel İletkenlik (EC)

Topraktaki 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademesinde ortalama EC değerleri en yüksek yangının şiddetli olduğu alanda (0.57 dS/cm. 0.58 dS/cm), en düşük ise 0-5cm derinlik kademesinde kontrol alanında (0.10 dS/cm), 5-15 cm derinlik kademesinde ise yangın en şiddetinin olduğu alanda (0.19 dS/cm) ölçülmüştür. Genel olarak yangın alanlarındaki EC değerlerinin kontrol alanlarına nazaran daha fazla olduğu bulunmuştur. 5-15 cm derinlik kademesinde ise genel olarak en düşük değer az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Kontrol, orta şiddetli ve şiddetli yangın alanlarına göre diğer tüm alanlarda EC değerleri düşük çıkmış, istatistiksel olarak sadece şiddetli yangın alanında EC değerleri bakımından ölçüm zamanları arasında farklılık anlamlı seviyede bulunmuştur ($p<0.05$). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanlarındaki EC değerlerindeki farklılık istatistik olarak önemli düzeyde çıkmıştır ($p<0.05$).

Organik Madde

Ortalama organik madde değerleri her iki derinlik kademesinde de en düşük yangının şiddetli olduğu alanda (%4.79, %2.96) en yüksek ise kontrol alanında (%10.30, %6.78) ölçülmüştür. Her iki derinlik kademesinde genel ortalamalar bakımından kontrol alanına göre tüm

alanlarda organik madde değerleri düşük çıkmıştır. 5-15 cm derinlik kademesinde istatistiksel olarak ise tüm alanlar arasında ölçüm zamanları bakımından kontrol alanında farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanlarındaki organik madde değerlerindeki farklılık istatistik olarak önemli düzeyde çıkmıştır ($p<0.05$).

Azot (N)

Topraktaki 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde ortalama N değeri en yüksek orta şiddetli yangın alanında (%1.08. %0.62), en düşük 0-5cm derinlik kademesinde az şiddetli yangın alanında (%0.11), 5-15 cm derinlik kademesinde ise kontrol alanı ve az şiddetli yangın alanında (%0.11) ölçülmüştür. 0-5 cm derinlik kademesinde yangın ile birlikte azot değerinin kontrol alanına göre azaldığı belirlenmiştir. Ölçüm zamanları arasında orta şiddetli ve şiddetli yangın alanlarında istatistiksel bakımdan anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ortalama değerler bakımından tüm deneme alanları arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık çıkmıştır ($p<0.05$). 5-15cm derinlik kademesinde en yüksek azot değeri orta şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Ölçüm zamanının az şiddetli yangın alanı hariç tüm örnekleme noktalarında etkisi önemli düzeyde çıktığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Genel olarak tüm deneme alanlarındaki azot değerleri bakımından farklılık anlamlı düzeyde çıkmıştır ($p<0.05$).

Karbon/Azot Oranı (C/N)

Karbon/azot oranı 0-5 cm derinlik kademesinde en yüksek az şiddetli yangın alanında (38.07), en düşük orta şiddetli yangın alanında (4.44), 5-15 cm derinlik kademesinde ise sırası ile kontrol alanında (176.02) ve orta şiddetli yangın alanında (4.06) ölçülmüştür. 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama değerler bakımından kontrol alanında diğer alanlara göre daha fazla C/N oranının çıktığı belirlenmiştir. İstatistiksel olarak ise ölçüm zamanları bakımından az şiddetli yangın alanında farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). Tüm dönemlerin ortalama değerleri üzerinden değerlendirildiğinde ise C/N oranı bakımından tüm örnekleme alanları arasından farklılık anlamlı düzeyde

çıkıştır ($p<0.05$). 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama değerler kontrol alanına göre diğer tüm alanlarda C/N oranı değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları arasında ise sadece orta şiddetli yangın alanında istatistik bakımdan anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$).

Fosfor (P)

Topraktaki 0-5 cm ve 5-15cm derinlik kademelerinde ortalama P değerleri en yüksek yangının en şiddetli olduğu alanda (23077ppm, 17919ppm), en düşük ise kontrol alanında (10978ppm, 7775ppm) ölçülmüştür. Her iki derinlik kademesinde genel ortalamalar bakımından kontrol alanına göre tüm alanlarda P değerleri yüksek çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm zamanları bakımından 0-5 cm derinlik kademesinde orta şiddetli yangın alanında, 5-15 cm derinlik kademesinde ise az şiddetli yangın alanında istatistik bakımdan anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$).

Kalsiyum (Ca)

Topraktaki ortalama Ca değeri en yüksek 0-5 cm derinlik kademesinde orta şiddetli yangın alanında (11014 ppm), en düşük az şiddetli yangın alanında (6299ppm), 5-15cm derinlik kademesinde ise en yüksek kontrol alanında (9704 ppm), en düşük orta şiddetli yangın alanında (4991ppm) ölçülmüştür. Genel ortalamalar bakımından 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol alanına göre sadece orta şiddetli yangın alanındaki değer yüksek, diğer tüm alanlarda Ca değerleri düşük çıkmıştır. 5-15 cm derinlik kademesinde ise kontrol alanına göre diğer tüm alanlarda kalsiyum değerleri düşük çıkmıştır.

Magnezyum (Mg)

Topraktaki ortalama Mg değeri en yüksek 0-5 cm derinlik kademesinde az şiddetli yangın alanında (1187 ppm), en düşük kontrol alanında (0 ppm), 5-15cm derinlik kademesinde ise en yüksek ve en düşük kontrol alanında (4665ppm, 526ppm) ölçülmüştür. Genel ortalamalar bakımından kontrol alanına göre tüm alanlarda 0-5 cm derinlik kademesinde Mg değerleri yüksek, 5-15 cm derinlik kademesinde ise düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm zamanı bakımından 0-5 cm derinlik kademesinde orta şiddetli yangın alanında, 5-15 cm derinlik kademesinde ise az şiddetli yangın alanı ve orta

şiddetli yangın alanında farklılık istatistik bakımdan anlamlı bulunmaktadır ($p<0.05$).

Potasyum (K)

Topraktaki ortalama K değeri en yüksek 0-5 cm derinlik kademesinde az şiddetli yangın alanında (10244 ppm), en düşük kontrol alanında (5199 ppm), 5-15cm derinlik kademesinde ise en yüksek kontrol alanında (11106 ppm), en düşük az şiddetli yangın alanında (7817 ppm) ölçülmüştür. Genel ortalamalar bakımından kontrol alanına göre tüm alanlarda 0-5 cm derinlik kademesinde K değerleri yüksek, 5-15 cm derinlik kademesinde ise düşük çıkmıştır. Her iki derinlik kademesinde genel ortalamalar bakımından kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanlarındaki potasyum değerleri arasında farklılık istatistik bakımdan anlamlı bulunmaktadır ($p<0.05$).

Sodyum (Na)

Topraktaki ortalama Na değeri 0-5 cm derinlik kademesinde en yüksek ve düşük (507 ppm, 190 ppm), yangın şiddetinin yüksek olduğu alanda, 5-15cm derinlik kademesinde ise en yüksek ve düşük orta şiddetli yangın alanlarında (417 ppm, 185 ppm) tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından kontrol alanına göre tüm alanlarda 0-5 cm derinlik kademesinde şiddetli yangın alanında sodyum değeri yüksek, diğer tüm alanlarda sodyum değerleri düşük çıkmıştır. 5-15 cm derinlik kademesinde ise kontrol alanına göre diğer alanlarda sodyum değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm zamanları bakımından 5-15 cm derinlik kademesinde kontrol alanı ile az ve orta şiddetli yangın alanlarındaki sodyum değerleri arasında istatistik bakımdan anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$).

Toplam Kireç

Toplam kireç değeri 0-5 cm derinlik kademesinde en yüksek ve düşük (%2.05, %6.77) orta şiddetli yangın alanında, 5-15 cm derinlik kademesinde ise sırası ile yüksek şiddetli yangın (%11.41) ve orta şiddetli yangın alanında (%2.27) ölçülmüştür. Genel ortalamalar bakımından kontrol alanına göre 0-5 cm derinlik kademesinde şiddetli ve az şiddetli yangın alanlarında toplam kireç değeri düşük, diğer alanlarda toplam kireç değerleri yüksek, 5-15 cm derinlik kademesinde ise

kontrol alanına göre az şiddetli yangın alanı ve şiddetli yangın alanında toplam kireç değerleri yüksek, orta

şiddetli yangın alanında toplam kireç değerleri düşük çıkmıştır.

Çizelge 1. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) meşçeresindeki 0-5cm derinlik kademesinden alınan toprak özelliklerine ait veriler

Özellikler	Örnek Alan Türü	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ort.	Önem düzeyi	
Saturasyon (%)	Az şiddetli	146	130	115	103	108	120	0.836	p>0.05
	Orta şiddetli	137	169	106	76	130	123	0.271	p>0.05
	Şiddetli	121	143	121	63	66	103	0.375	p>0.05
	Kontrol	177	185	110	111	113	139	0.836	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.335	0.606	0.848	0.081	0.324	0.008		
pH	Az şiddetli	5.92	6.17	6.24	5.76	6.32	6.08	0.935	p>0.05
	Orta şiddetli	6.1	6.04	7.06	6.56	6.23	6.39	0.501	p>0.05
	Şiddetli	6.46	6.47	6.4	6.96	6.63	6.58	0.284	p>0.05
	Kontrol	5.07	5.4	5.72	6.78	6.12	5.82	0.125	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.415	0.572	0.376	0.178	0.300	0.163		
Ec (dS/cm)	Az şiddetli	0.34	0.28	0.34	0.2	0.22	0.28	0.652	p>0.05
	Orta şiddetli	0.31	0.16	0.26	0.24	0.24	0.24	0.777	p>0.05
	Şiddetli	0.56	0.27	0.27	0.47	0.57	0.43	0.188	p>0.05
	Kontrol	0.1	0.23	0.3	0.28	0.21	0.22	0.207	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.059	0.895	0.814	0.087	0.000	0.580		
Organik madde (%)	Az şiddetli	7.42	7.17	7.38	7.22	5.59	6.96	0.686	p>0.05
	Orta şiddetli	7.2	8.13	6.49	6.16	7.26	7.05	0.785	p>0.05
	Şiddetli	7.68	7.52	6.74	4.79	4.96	6.33	0.49	p>0.05
	Kontrol	10.3	8.52	6.29	6.62	6.9	7.73	0.115	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.156	0.600	0.979	0.221	0.633	0.064		
N (%)	Az şiddetli	0.64	0.91	0.52	0.11	0.29	0.49	0.222	p>0.05
	Orta şiddetli	0.47	1.08	0.54	0.32	0.46	0.57	0.031	p<0.05
	Şiddetli	0.66	0.76	0.66	0.3	0.23	0.52	0.051	p<0.05
	Kontrol	0.75	0.83	0.46	0.71	0.39	0.63	0.126	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.759	0.268	0.679	0.209	0.272	0.000		
C/N oranı	Az şiddetli	7.62	4.59	9.35	38.07	11.29	14	0.001	p<0.05
	Orta şiddetli	9.5	4.44	6.89	12.37	9.44	9	0.343	p>0.05
	Şiddetli	7.38	5.88	5.83	9.93	13	8	0.365	p>0.05
	Kontrol	8.06	6.02	9.69	5.39	10.54	8	0.289	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.966	0.365	0.132	0.027	0.812	0.044		
P (ppm)	Az şiddetli	15417	12399	19138	18322	15301	16115	0.24	p>0.05
	Orta şiddetli	12356	13585	17781	16754	20551	16205	0.027	p<0.05
	Şiddetli	13697	13347	17011	23077	20568	17540	0.35	p>0.05
	Kontrol	12088	17844	13585	10978	13327	13564	0.326	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.361	0.85	0.258	0.075	0.007	0.223		
Ca (ppm)	Az şiddetli	9621	8601	9340	6299	6834	8139	0.373	p>0.05
	Orta şiddetli	6608	11014	9896	8080	8998	8919	0.082	p>0.05
	Şiddetli	8055	8465	8348	8586	7177	8126	0.976	p>0.05
	Kontrol	8619	10376	8462	8525	8034	8803	0.582	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.675	0.317	0.862	0.839	0.674	0.301		
Mg (ppm)	Az şiddetli	941	172	886	1187	1164	870	0.144	p>0.05
	Orta şiddetli	1094	263	1121	865	1034	875	0.048	p<0.05
	Şiddetli	583	457	926	1165	1155	857	0.532	p>0.05
	Kontrol	0	724	286	411	801	444	0.418	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.180	0.635	0.352	0.312	0.033	0.236		
K (ppm)	Az şiddetli	6311	6125	6201	6622	8243	6700	0.552	p>0.05
	Orta şiddetli	7858	6509	7760	6500	9276	7580	0.825	p>0.05
	Şiddetli	8137	9204	7715	8876	10244	8835	0.983	p>0.05
	Kontrol	5715	6077	5199	6014	8716	6344	0.178	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.455	0.942	0.542	0.355	0.580	0.047		
Na (ppm)	Az şiddetli	281	277	274	200	257	257	0.704	p>0.05
	Orta şiddetli	238	331	259	202	284	262	0.288	p>0.05
	Şiddetli	190	507	272	232	298	300	0.44	p>0.05
	Kontrol	391	251	193	213	399	289	0.088	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.010	0.578	0.400	0.259	0.193	0.081		
Toplam kireç (%)	Az şiddetli	3.1	2.76	2.75	2.12	3	2.75	0.35	p>0.05
	Orta şiddetli	2.05	2.67	2.68	6.77	3.21	3.48	0.39	p>0.05
	Şiddetli	2.69	3.16	3.09	2.93	3	2.97	0.86	p>0.05
	Kontrol	3.14	2.84	3.05	3.13	3.26	3.08	0.96	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.24	0.72	0.77	0.42	0.92	0.63		

Çizelge 2. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) Meşçeresindeki 5-15 cm derinlik kademesinden alınan toprak özelliklerine ait veriler

Özellikler	Örnek Alan Türü	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ort.	Önem düzeyi	
Saturasyon (%)	Az şiddetli	67	85	67	62	69	70	0.018	p<0.05
	Orta şiddetli	77	76	68	62	66	70	0.021	p<0.05
	Şiddetli	76	80	69	58	61	69	0.226	p>0.05
	Kontrol	75	85	102	73	75	82	0.58	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.700	0.352	0.417	0.026	0.477	0.071		
pH	Az şiddetli	6.91	6.77	6.85	6.74	6.85	6.82	0.984	p>0.05
	Orta şiddetli	6.69	6.63	7.14	7.09	6.65	6.84	0.374	p>0.05
	Şiddetli	6.87	6.62	6.67	6.63	6.69	6.7	0.868	p>0.05
	Kontrol	6.12	6.31	5.83	7.29	7.11	6.53	0.277	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.050	0.562	0.544	0.006	0.257	0.027		
Ec (dS/cm)	Az şiddetli	0.25	0.27	0.28	0.2	0.22	0.24	0.463	p>0.05
	Orta şiddetli	0.28	0.27	0.33	0.31	0.21	0.28	0.205	p>0.05
	Şiddetli	0.58	0.2	0.22	0.19	0.21	0.28	0.002	p<0.05
	Kontrol	0.33	0.27	0.27	0.27	0.25	0.28	0.936	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.110	0.419	0.554	0.007	0.749	0.001		
Organik madde (%)	Az şiddetli	4.4	4.43	4.03	3.88	3.73	4.09	0.814	p>0.05
	Orta şiddetli	3.85	4.28	4.45	4.78	4.23	4.32	0.419	p>0.05
	Şiddetli	6.39	5.11	4.57	4.29	2.96	4.66	0.113	p>0.05
	Kontrol	5.52	6.74	6.78	4.53	4.35	5.58	0.005	p<0.05
	Önem Düzeyi	0.024	0.355	0.089	0.008	0.141	0.024		
N (%)	Az şiddetli	0.15	0.54	0.18	0.17	0.11	0.23	0.006	p<0.05
	Orta şiddetli	0.27	0.62	0.41	0.13	0.13	0.31	0	p<0.05
	Şiddetli	0.25	0.49	0.16	0.05	0.07	0.2	0.01	p<0.05
	Kontrol	0.11	0.29	0.44	0.51	0.18	0.3	0.234	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.52	0.037	0.328	0.001	0.11	0.002		
C/N oranı	Az şiddetli	16.92	4.77	13.59	19.27	20.13	15	0.359	p>0.05
	Orta şiddetli	8.5	4.06	6.31	22.76	18.88	12	0.028	p<0.05
	Şiddetli	15.04	5.99	18.37	53.51	31.41	25	0.121	p>0.05
	Kontrol	176	14.1	12.65	5.15	14.4	44	0.468	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.517	0.011	0.248	0.093	0.351	0.357		
P (ppm)	Az şiddetli	14624	14989	12962	16273	16073	14984	0.038	p<0.05
	Orta şiddetli	12342	15607	14833	15201	14988	14594	0.535	p>0.05
	Şiddetli	15515	13641	14599	17919	16613	15657	0.705	p>0.05
	Kontrol	14076	14587	7775	14458	15186	13216	0.525	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.712	0.874	0.539	0.113	0.684	0.146		
Ca (ppm)	Az şiddetli	5626	7666	5838	6241	5671	6208	0.656	p>0.05
	Orta şiddetli	6694	8061	7526	7346	4991	6923	0.369	p>0.05
	Şiddetli	8502	7469	5512	5647	5573	6540	0.488	p>0.05
	Kontrol	6498	7843	9410	9299	9704	8551	0.662	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.819	0.966	0.324	0.083	0.151	0.614		
Mg (ppm)	Az şiddetli	1131	911	1140	1155	1146	1096	0	p<0.05
	Orta şiddetli	1168	977	1155	1185	1166	1130	0	p<0.05
	Şiddetli	1158	730	1140	1156	1156	1068	0.092	p>0.05
	Kontrol	526	1146	4665	1043	960	1668	0.424	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.031	0.106	0.460	0.011	0.206	0.447		
K (ppm)	Az şiddetli	9864	10397	7817	8392	10344	9362	0.566	p>0.05
	Orta şiddetli	9050	10671	8934	8206	9405	9253	0.44	p>0.05
	Şiddetli	9633	9560	8892	10368	10380	9766	0.763	p>0.05
	Kontrol	9097	9850	10469	8945	11106	9893	0.437	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.825	0.966	0.504	0.021	0.758	0.006		
Na (ppm)	Az şiddetli	283	396	219	245	221	273	0.002	p<0.05
	Orta şiddetli	211	417	242	206	185	252	0.025	p<0.05
	Şiddetli	265	342	221	264	214	261	0.539	p>0.05
	Kontrol	331	282	234	226	353	285	0.003	p<0.05
	Önem Düzeyi	0.137	0.219	0.710	0.193	0.059	0.005		
Toplam kireç (%)	Az şiddetli	3.03	2.92	3.33	5.3	2.51	3.42	0.63	p>0.05
	Orta şiddetli	2.77	3.38	5.5	2.36	2.27	3.26	0.29	p>0.05
	Şiddetli	2.84	11.41	2.67	2.59	2.43	4.39	0.43	p>0.05
	Kontrol	3.54	3.32	3.78	2.97	2.92	3.3	0.83	p>0.05
	Önem Düzeyi	0.27	0.58	0.46	0.62	0.02	0.91		

TARTIŞMA

Saturasyon; karaçam meşçeresinde 0-5 cm derinlik kademesinde toprak genellikle ağır killi (%23.9), 5-15 cm derinlik kademesinde ise killi toprak (%22.1) olarak bulunmuştur. Alanların genel durumuna bakıldığında her iki derinlik kademesinde de (0-5 cm. 5-15 cm) yangının saturasyon değerinin azaldığı görülmüştür. Yangınla beraber ağır bünyeli topraklardan hafif bünyeli topraklara geçişi gözlemlenmiştir. Alanlarda saturasyon değerinin düşmesi kontrollü yakma uygulamasının toprakta iyileşme yaptığını doğrulamaktadır. Düşük şiddetli yangınlarda organik madde hızlı ayrılarak toprağa karışmış toprağın su tutma ve havalanma kapasitesi olumlu etkilemiştir (Melillo ve ark. 2002). Tiryaki Güngör ve ark. (2023), yaptıkları kontrollü yakmada kil miktarının kontrol alanına nazaran yangın alanlarında azaldığı, kil miktarının en düşük şiddetli yangın alanında (%11.4), en yüksek kontrol alanında (%23.7) bulunduğu, yangın şiddeti ile birlikte bu azalış belirgin şekilde ortaya çıktığını ifade etmişlerdir.

Toprak pH içeriklerine göre 4.5-5.5 (orta asitli), 5.5-6.5 (hafif asitli), 6.5-7.5 (nötr) olarak sınıflandırılmaktadır (Ülgen ve Yurtsever 1995). Karaçam meşçeresinde kontrol alanında pH değerleri 0-5 cm derinlik kademesinde 5.8 ve 5-15 cm derinlik kademesinde 6.5 olarak bulunmuştur. Topraklar hafif asitli sınıfta yer almıştır. Yakma alanlarındaki pH değerleri kontrol alanına göre artmıştır. Ayrıca 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol alanına göre pH değeri yangının şiddetli olduğu alanda 0.8 artmıştır. Bu çalışmanın sonuçları ile benzer şekilde araştırmacılar da toprak pH değerinin yangından sonra arttığını belirtmişlerdir (Kaptanoğlu ve ark. 2018, Kaptanoğlu ve Namlı 2019, Küçük 2006). Bu artışın nedenini ise toprak yüzeyinin bitki besin maddesi bakımından zengin kül tabakası ile kaplanması ve külün kimyasal bileşiminin karbonatlar, oksitler ve baz katyonlardan oluşması olarak ifade etmişlerdir (Pereira ve ark. 2011). Xue ve ark. (2014), çalışmasında verdiği değerlerde yangın öncesi pH değerinin 4.6 olduğu yangından kısa süre sonra 5.6'ya çıktığını ancak yangından sonra dört ve yedinci yılda değerlerin 4.4-4.6 arasında olduğunu belirtmiştir.

EC değerlerine göre toprak tuzluluk sınıflandırmasında <0.98 dS/cm "tuzsuz toprak" olarak belirtilmiştir (Richards 1954). Karaçam meşçeresinde kontrol alanında EC değeri 0-5 cm derinlik kademesinde 0.22dS/cm ve 5-15 cm derinlik kademesinde 0.28dS/cm olarak bulunmuş, toprak tuzsuz topraklar sınıfında yer almıştır. Bazı çalışmalarda az şiddetli yangınlarda EC değerinde önemli bir değişimin olmadığı belirtilmiş olmasına rağmen (Akburak ve ark. 2018, Fernández-García ve ark. 2019) orman yangınlarında organik maddenin yanmasıyla ortaya çıkan katyonların ve külün toprağa karışması ile (Certini 2005) topraktaki EC değeri çalışmamıza benzer şekilde artmaktadır (Francos ve ark. 2019, Kaptanoğlu ve Namlı 2019). Yangın şiddetinin artması bu değişim daha belirgin hale getirmekte ve EC değeri yangınla beraber azalmaktadır (Brye 2006). Bu duruma yanan materyal çeşidi yanma sıcaklığı ve yanan alanın tür farklılığı sebep olarak gösterilmektedir.

Organik madde bakımından değerlendirildiğinde <%5.15 toprak yüksek miktarda organik madde içermektedir (Charman ve Roper 2000). Karaçam meşçeresinde organik madde kontrol alanında 0-5 cm derinlik kademesinde %7.73 ve 5-15 cm derinlik kademesinde ise %5.58 olarak bulunmuş, toprakların yüksek miktarda organik madde içerdiği belirlenmiştir. Yakma alanlarındaki organik madde miktarı kontrol alanlarına göre azalmaktadır. Bu durum kontrollü yakma uygulamalarında ayrılmayan organik maddenin yakılarak toprağa katılmasının bir göstergesidir. Yapılan çalışmalarda yangınla birlikte toprak organik maddesinin azaldığı (Kaptanoğlu ve Namlı 2019, Moya ve ark. 2019), değişmediği (Goberna ve ark. 2012) veya arttığı (Hu ve ark. 2020) tespit edilmiştir. Çalışmamıza benzer şekilde Aref ve ark. (2011) çalışmalarında yangından önce %9.5 olan organik maddenin yangından sonra %3.71'e gerilediği ve istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Orta şiddetli yangınlar ve örtü yangınlarının etkilerinin belirlendiği çalışmalarda ise organik madde miktarında yangın sonrası istatistiksel olarak bir fark oluşturmadığı literatürde yer almakta, yangın sonrasında toprak üzerindeki organik maddenin azalması, organik maddede bağlı bulunan N'in bu katmanda azalması anlamına gelmektedir (Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu 2021).

Toplam azot değerlerine göre >0.501 (çok yüksek), %0.251-%0.500 (yüksek) ve %0.151-%0.250 (orta) sınıflandırılmaktadır (Bruce ve Rayment 1982). Karaçam meşceresinde kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla toplam azot %0.63 ve %0.30 olarak bulunmuştur. Toprak çok yüksek ve yüksek miktarda toplam azot içermektedir. Yakma alanlarındaki toplam azot miktarı kontrol alanına göre %7.41 değer azalmaktadır. Çalışmamızdan farklı olarak Tiryaki Güngör ve ark. (2023), toprak azot bakımından yangınla beraber önemli derecede artışın olduğunu belirtmiştir. En düşük azot içeriği kontrol alanında (%0.43), en yüksek azot içeriği ise yangının şiddetli olduğu alanda (%0.76) belirlenmiştir. Alanlar arasındaki farklılık azot içeriği bakımından önemli düzeyde çıkmıştır. Kahveci (2016), yapmış oldukları çalışmada çalışmamıza benzer şekilde yangının topraktaki azotu azalttığı sonucunu bulmuşlardır. Bu durum, yakma sırasında ısı enerjisinin açığa çıkması nedeniyle toplam azotun buharlaşıp alandan uzaklaşması ve yakma işlemi ile uygun ortam hem simbiyotik hem de simbiyotik olmayan yollardan azotun bağlanma hızıyla açıklanabilmektedir. Toplam azot miktarındaki artış, özellikle kontrollü yakma ile düşük yoğunlukta gerçekleşir ve bunun temel sebepleri azot açısından zengin küllerin toprağa eklenmesi ile daha fazla azot açığa çıkaran organik maddelerin daha yüksek oranda mineralleşmesidir. (Ferrer ve ark. 2021, Wan ve ark. 2021).

Karaçam meşceresinde 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol alanına göre diğer alanlarda C/N oranında en fazla artış %12.2'dir. Bu durumun topraktaki organik karbondan kaynaklandığı düşünülmektedir. 5-15 cm derinlik kademesinde ise kontrol alanına göre diğer alanlarda en fazla azalma %16.7 olmuştur. Genellikle yangın sonrası karbonun azalması (Moya ve ark. 2019) azotun artması (Hosseini ve ark. 2017) ile birlikte C/N oranında bir azalma (Kaptanoğlu ve ark. 2018) beklenmektedir. Organik karbon içeriğindeki azalma bu duruma bağlanmakta ve yangın sonrasındaki azot mineralizasyonunda artış beklenmektedir (Tecimen ve Sevgi 2011). Tiryaki Güngör ve ark. (2023), C/N oranı değerlerinin en düşük şiddetli yangın alanında (7.9), en yüksek ise kontrol alanında (14.6) bulunmuştur. Yapılan

diğer çalışmalarda ise C/N değerinin yangından sonra artış gösterdiği ifade edilmiştir (Gundale ve ark. 2005).

Topraklar fosfor içeriklerine göre > 80.0 (mg/kg= ppm) "çok fazla" olarak sınıflandırılmıştır (FAO 1990). Karaçam meşceresinde kontrol alanda fosfor değeri 0-5 cm derinlik kademesinde 13564 ppm ve 5-15cm derinlik kademesinde 13216 ppm olarak, topraktaki fosfor miktarı çok fazla bulunmuştur. Yakma alanlarındaki fosfor miktarı kontrol alanına göre 0-5cm derinlik kademesinde en fazla %5.1, 5-15 cm derinlik kademesinde ise %3.3 artmıştır.

Topraklar kalsiyum içeriklerine göre > 2860 (mg/kg= ppm) "yüksek" olarak sınıflandırılmıştır (Loue 1968). Karaçam meşceresinde kontrol alanında kalsiyum 0-5 cm derinlik kademesinde 8803 ppm ve 5-15 cm derinlik kademesinde 8551 ppm olarak bulunmuştur. Topraklar yüksek miktarda kalsiyum içermektedir. Kalsiyum miktarı 0-5 cm derinlik kademesinde yakma alanlarında kontrol alanına göre %0.3 artmakta, 5-15 cm derinlik kademesine göre %6.54 azalmaktadır.

Topraklar magnezyum içeriklerine göre >115 (mg/kg=ppm) "yüksek" olarak sınır değerlerine göre sınıflandırılmıştır (Loue 1968). Karaçam meşceresinde kontrol alanında magnezyum değeri 0-5 cm derinlik kademesinde 444 ppm ve 5-15 cm derinlik kademesinde 1668 ppm olarak bulunmuştur. Toprak yüksek miktarda magnezyum içermektedir. 0-5 cm derinlik kademesinde yakma alanlarındaki kalsiyum miktarı kontrol alanına göre (%11.59) artmakta, 5-15 cm derinlik kademesine göre (%16.64) azalmaktadır.

Topraklar potasyum içeriklerine göre >1000 (mg/kg=ppm) "çok fazla" olarak sınıflandırılmıştır (FAO 1990). Karaçam meşceresinde kontrol alanında potasyum 0-5 cm derinlik kademesinde 6344 ppm ve 5-15 cm derinlik kademesinde 9853 ppm olarak bulunmuştur. Toprak çok fazla miktarda potasyum içermektedir. Toprakta 0-5 cm derinlik kademesinde yakma alanlarındaki potasyum miktarı kontrol alanına göre %6.11 değer artmakta, 5-15 cm derinlik kademesine göre %1.34 değer azalmaktadır.

Topraklar sodyum içeriklerine göre 68-320 (mg/kg= ppm) arasında orta, 320-460 (mg/kg= ppm) arasında yüksek olarak sınıflandırılmıştır (Metson 1961). Karaçam meşçeresinde kontrol alanında sodyum 0-5 cm derinlik kademesinde 289 ppm ve 5-15 cm derinlik kademesinde 285 ppm olarak bulunmuştur. Toprak orta miktarda sodyum içermektedir. 0-5 cm derinlik kademesinde şiddetli yakma alanlarındaki sodyum miktarı kontrol alanına göre %3.45 değer artmakta, diğer alanlarda %2.21 değer azalmaktadır. Toprak 5-15 cm derinlik kademesine göre yakma alanlarında %2.39 değer azalmaktadır.

Yakma uygulamasından sonra kül tabakası toprağa karışmakta ve toprak besin maddesi bakımından artmaktadır. Genel olarak çalışma alanlarından elde edilen bulgular ile topraktaki fosfor, kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum gibi mevcut besin maddelerinin literatürde belirtildiği gibi artması beklenmektedir. Ancak bulgular değerlendirildiğinde P, Ca, Mg, K, Na miktarlarında bazı alanlarda kontrol alanlarına göre azalmaktadır bu durum istatistik olarak fark oluşturmamaktadır. Karaçam meşçeresinde genellikle P, Ca, Mg, K, Na değerleri yakma alanlarında literatüre uyumlu olarak artmaktadır. Yapılan çalışmalarda yangınlardan sonra fosfor (P) miktarında artışın olması (Kaptanoğlu ve Namlı 2019), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), potasyum (K) ve sodyum (Na) gibi mevcut katyonların da kontrollü yangınlardan sonra artması (Shakesby ve ark. 2015) veya en azından düşük yoğunluklu yangınların ardından konsantrasyonunda değişiklik olmaması (Neill ve ark. 2007) beklenmektedir.

Topraklar kireç içeriklerine göre %2-%4 az kireçli, %4-%8 orta kireçli olarak sınıflandırılmıştır (Hızalan ve Ünal 1966). Karaçam meşçeresinde kontrol alanında kireç 0-5 cm derinlik kademesinde %3.08 ve 5-15 cm derinlik kademesinde %3.30 olarak bulunmuştur. Topraklar az kireçli sınıfında yer almakta ve toprak kireç sınıflandırması değişmemektedir. Karaçam meşçeresinde 0-5 cm derinlik kademesinde orta şiddetli yakma alanlarındaki kireç miktarı kontrol alanına göre %0.52 değer artmakta, diğer alanlarda %2.13 değer azalmaktadır. Toprak 5-15 cm derinlik kademesine göre orta şiddetli yakma alanında azalmakta diğer alanlarda %6.13 değer artmaktadır. Bu çalışma ile benzer şekilde Goforth ve ark. (2005), orman

yangınından sonra toprak yüzeyinde meydana gelen külde toprağa karışmak üzere yüksek miktarda kirecin birikmiş olduğunu, ibreli ağaçların yoğun olduğu kısımlardan yangın sonrası alınan küllerde daha üniform hâlde oluşan alkalin oksitlerin CaCO₃ oluşumu için alınabilir hâlde bulunduğunu belirtmişlerdir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kontrollü yakma uygulaması sonrasında karaçam meşçeresi toprak üzerindeki kül rengi ve miktarı dikkate alınarak farklı şiddet sınıflarına ayrılmış, farklı iki derinlik kademesi (0-5 cm, 5-15 cm) olarak örneklenmiştir. Toprak, yanma koşullarına bağlı olarak 0-5 cm derinlik kademesinde daha fazla etkilenmiştir. Şiddetli ve büyük orman yangınlarının toprak özellikleri üzerine olan olumsuz etkisi kontrollü yakma uygulaması yaptığımız alanlarda görülmemiştir. Aksine yangın şiddetinin düşük olması, yanıcı madde tüketiminin az olması gibi faktörler toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumlu olarak etkilenmiştir. Literatürdeki sınır değerleri baz alınarak yakma sahaları kontrol alanlarına göre karşılaştırılmıştır.

Bu anlamda toprak saturasyon değerlerinin düşük çıkması, toprağın su tutma ve havalanma kapasitesine olumlu yönde etkilemiştir. Toprakta; pH ve EC değerleri artmakta, organik madde ve N miktarı azalmaktadır. C/N oranı organik karbona bağlı olarak artmaktadır. P, Ca, Mg, K, Na ve kireç değerleri de tüm alanların en az birinde artmaktadır. Elde edilen sonuçlar literatür ile ilişkilidir. Toprak özellikleri bakımından zamana bağlı olarak olumlu bir değişim meydana gelmiştir. Kontrollü yakma uygulamaları tohumu toprakla buluştururken, toprak yüzeyinde biriken ölü örtü yakma ile toprağa katılmakta ve toprak bitki besin elementlerince daha zengin olmaktadır. Ancak çalışma alanlarından elde edilen bulgular doğrultusunda toprak besin maddesi bakımından yeterli düzeydedir.

Bu açıdan değerlendirildiğinde yakma uygulamaları her ne kadar toprak özelliklerinde iyileşme meydana getirirse de özellikle besin maddesince yeterli olan topraklarda uygulanması ayrışmanın yavaş olduğu çam meşçerelerinde ölü örtü birikimini azaltmaya, tohumu toprakla buluşturmaya ve daha şiddetli orman

yangınlarının zararını önlemeye yönelik olduğu anlaşılmaktadır. Kısa mesafelerde değişebilen toprak özelliklerinden dolayı kontrollü yakma uygulamalarının toprak özellikleri üzerine uzun dönem etkilerinin belirlenmesi konusunda çalışmalar daha fazla yapılmalıdır.

Özellikle ülkemizde binlerce hektar ormanın her yıl gençlestirmesi bu alanlardaki silvikültürel faaliyetlerin hem daha kısa zamanda hem de çok daha düşük maliyetle kontrollü yakma tekniği ile işletme amaçlarına ulaştırılması mümkün olabilmektedir. Kontrollü yangınların ekolojik etkilerini ele alan çalışma sayısı oldukça sınırlı olması sebebiyle bu tür sahalarda uygulamanın nasıl bir etki oluşturduğu uygulayıcılar tarafından bilinmemektedir. Aksine doğal yangınların

ekosistem üzerinde oluşturduğu etkileri ortaya koyan çok sayıda çalışma mevcuttur. Kontrollü yakma uygulamasının düşük şiddetli olması toprak üzerindeki birikmiş yanıcı madde türü ve miktarını azaltmakta ve yüksek şiddetli orman yangınlarının toprak üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmektedir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma, sorumlu yazarın Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlamış olduğu doktora tezinin bir bölümünden oluşmaktadır. Ayrıca, bu çalışma TÜBİTAK 1001-Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı kapsamında 122O425 nolu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Agee JK (1998) Ecology and Biogeography of Pinus. Ecology and Biogeography of Pinus, D. M. In: Richardson (Ed.), Cambridge University Press, UK. Press, UK.
- Akburak S, Son Y, Makineci E, Çakır M (2018) Impacts of low-intensity prescribed fire on microbial and chemical soil properties in a Quercus frainetto forest. *Journal for Research*, 29 (3): 687–696. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0486-4>
- Allison LE, Moodie CD (1965) Carbonate. In C. A. Black (Ed.), Methods of Soil Analysis. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1379-1396.
- Aref IM, El Atta HA, Mohamed AI Ghamde AR (2011) Effect of forest fires on tree diversity and some soil properties. *International Journal of Agriculture & Biology*, 13(5):659-664.
- Bilgili E, Küçük Ö, Sağlam B, Coşkun A (2021) Büyük Orman Yangınları, Sebepleri, Organizasyonu ve İdaresi. TÜBA, Ankara.
- Bruce RC, Rayment GE (1982) Analytical methods and interpretations used by the agricultural chemistry branch for soil and land use surveys. Queensland Department of Primary Industries Bulletin QB82004.
- Brye KR (2006) Soil physicochemical changes following 12 years of annual burning in a humid subtropical tallgrass prairie: a hypothesis. *Acta Oecologica*, 30: 407–413. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2006.06.001>
- Certini G (2005) Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143(1):1–10. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>
- Certini G, Scalenghe R (2021) Soil is the best testifier of the diachronous dawn of the Anthropocene. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, (1): 1-4. <https://doi.org/10.1002/jpln.202000481>
- Charman PEV, Roper MM (2000) Soil Organic Matter. In: (Eds. P.E.V. Charman and B.W. Murphy) Soil: Their Properties and Management. 2nd Ed. Oxford University Press, 260-270.
- Dems CL, Taylor AH, Smithwick EA, Kreye JK, Kaye MW (2021) Prescribed fire alters the structure and composition of a mid-Atlantic oak forest up to eight years after burning. *Fire Ecology*, 17(1): 1–13. <https://doi.org/10.1186/s42408-021-00093-5>
- FAO (1990) Micronutrient. Assessment at the Country Level: An International Study. FAO Soil Bulletin by Mikko Sillanpaa. Rome.
- Fellows AW, Flerchinger GN, Lohse KA, Seyfried MS (2018) Rapid recovery of gross production and respiration in a mesic mountain big sagebrush ecosystem following prescribed fire. *Ecosystems*, 21(7):1283–1294. <https://doi.org/10.1007/s10021-017-0218-9>
- Fernández-García V, Marcos E, Fernández-Guisuraga JM, Taboada A, Suárez-Seoane S, Calvo L (2019) Impact of burn severity on soil properties in a *Pinus pinaster* ecosystem immediately after fire. *International Journal of Wildland Fire*, 28(5):354–364. <https://doi.org/10.1071/WF18103>
- Ferrer I, Thurman EM, Zweigenbaum JA, Murphy SF, Webster JP, Rosario-Ortiz FL (2021) Wildfires: identification of a new suite of aromatic polycarboxylic acids in ash and surface water. *Science of the Total Environment*, 770:144661. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144661>
- Franco M, Pereira P, Úbeda X (2019) Effect of pre- and post-wildfire management practices on plant recovery after a wildfire in Northeast Iberian Peninsula. *Journal of Forestry Research*, December 1-15.
- Franco M, Úbeda X (2021) Prescribed fire management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 21: 100250. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100250>
- Goberna M, García C, Insam H, Hernández MT, Verdú M (2012) Burning fire-prone Mediterranean shrublands: immediate changes in soil microbial community structure and ecosystem functions. *Microbial Ecology*, 64:242-255. <https://doi.org/10.1007/s00248-011-9995-4>
- Goforth BR, Graham RC, Hubbert KR, Zanner CW, Minnich RA (2005) Spatial distribution and properties of ash and thermally altered soils after high-severity forest fire, southern California. *International Journal of Wildland Fire*, 14: 343-354. <https://doi.org/10.1071/WF05038>
- Gundale MJ, DeLuca TH, Fiedler CE, Ramsey PW, Harrington MG, Gannon JE (2005) Restoration treatments in a Montana ponderosa pine forest: effects on soil physical, chemical and biological properties. *Forest Ecology Management*, 213: 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.03.015>

- Gülcur F (1974) Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:201.
- Hızalan E, Ünal H (1966) Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 278, Ankara.
- Hiers JK, O'Brien JJ, Varner JM, Butler BW, Dickinson M, Furman J, Gallagher M, Godwin D, Goodrick SL, Hood SM, Hudak A (2020) Prescribed fire science: the case for a refined research agenda. *Fire Ecology*, 16(1): 1–15. <https://doi.org/10.1186/s42408-020-0070-8>
- Hosseini M, Geissen V, González-Pelayo O, Serpa D, Machado AI, Ritsema C, Keizer JJ (2017) Effects of frequent occurrence and recurrence on nitrogen and phosphorus losses by overland flow in maritime pine plantations in north-central Portugal. *Geoderma*, 289: 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.033>
- Hu M, Song J, Li S, Li Z, Hao Y, Di M, Wan S (2020) Understanding the effects of free and nitrogen addition on soil respiration of a field study by combining observations with a meta-analysis. *Agricultural and Forest Meteorology*, 292:108106. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108106>
- Kacar B (2009) Toprak Analizleri. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kahveci Ü (2016) Yangın görmüş kızılçam meşcerelerinde azot mineralleşme potansiyelinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Kalra YP, Maynard DG (1991) Methods manual for forest soil and plant analysis. *Forestry Canada Northern Forestry Publication*. Alberta, Canada.
- Kaptanoğlu AS, Namlı A (2019) Orman yangınının ve yangın sonrası boşaltma kesimlerinin toprak özelliklerine etkisi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 6(1):29-46. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.430649>
- Kaptanoğlu AS, Tavşanoğlu Ç, Turgay OC (2018) Soil chemistry and microbial activity after a surface fire in a mixed temperate forest. *Eurasian Journal of Forest Science*, 6(4): 1-13. <https://doi.org/10.31195/ejejfs.451884>
- Küçük M (2006) Genç karaçam meşcerelerinde yangının toprak solunumu, kök kütlesi ve toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Küçük Ö, Sevinç V (2023) Fire behavior prediction with artificial intelligence in thinned black pine (*Pinus nigra* Arnold) stand. *Forest Ecology and Management*, 529:120707. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120707>
- Loue A (1968) Diagnostique Petiolaire de Prospection. Etudes Sur la Nutrition et al Fertilisation Potassiques de la Vigne. Société Commerciale des Potasses d'Alsace Services Agronomiques, 31-41.
- Melillo JM, Steudier PA, Aber JD, Newkirk K, Lux H, Bowles FP, Morrisseau S (2002) Soil warming and carbon-cycle feedbacks to the climate system. *Science*, 298 (5601): 2173-2176. <https://doi.org/10.1126/science.1074153>
- Metson AJ (1961) Methods of Chemical Analysis of Soil Survey Samples. Govt. Printers, Wellington, New Zealand, Pages: 64.
- Moya D, González-De Vega S, Lozano E, García-Orenes F, MataixSolera J, Lucas-Borja ME, de Las HJ (2019) The burn severity and plant recovery relationship affects the biological and chemical soil properties of *Pinus halepensis* Mill. stands in the short and mid-terms after Wildfire. *Journal of Environmental Management*, 235: 250–256. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.029>
- Neill C, Patterson WA, Crary DW (2007) Responses of soil carbon, nitrogen and cations to the frequency and seasonality of prescribed burning in a Cape Cod oak-pine forest. *For. Ecol. Manag.*, 250, 234–243. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.05.023>
- Page AL, Miller RH, Keeney DR (1982) Methods of Soil Analysis. Part 2, 2nd Edition. Agronomy Monograph, Vol. 9. American Society of Agronomy. Madison, WI, 1142pp. 2.
- Pereira P, Úbeda X, Martín D, Mataix-Solera J, Guerrero C (2011) Effects of a low severity prescribed fire on water-soluble elements in ash from a cork oak (*Quercus suber*) forest located in the northeast of the Iberian Peninsula. *Environment Research*, 111: 237–247. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.09.002>
- Richards LA (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. US Department of Agriculture, Forest Service, 60.
- Ryan KC (2002) Dynamic interactions between forest structure and fire behavior in boreal ecosystems. *Silva Fennica*, 36: 13–39.
- Shakesby RA, Bento CPM, Ferreira CSS, Ferreira AJD, Stoof CR, Urbanek E, Walsh RPD (2015) Impacts of prescribed fire on soil loss and soil quality: an assessment based on an experimentally-burned catchment in central Portugal. *Catena*, 128: 278–293. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.012>
- Tecimen HB, Sevgi O (2011) Heating induced changes in mineral nitrogen and organic carbon in relation with temperature and time. *J Environ Biol*, 32(3/4):295–300.
- Tiryaki Güngör AG, Küçük M, Bilgili E, Küçük Ö (2023) Anadolu Karaçam (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana*) meşcerelerinde kontrollü yakma uygulamalarının bazı ölü örtü, kül ve toprak özellikleri üzerine etkileri. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(2): 82-89. <https://doi.org/10.53516/ajfr.1383034>
- Tüfekçioğlu A, Tüfekçioğlu M (2021) Yangın Sonrası Orman Toprağında Meydana Gelen Değişim ve Etkileşimler. TÜBA, Ankara.
- Tüzüner A (1990) Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, s: 61-73.
- Ülgen N, Yurtsever N (1995) Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara, s.230.
- Wan X, Li C, Parikh SJ (2021) Chemical composition of soil-associated ash from the southern California Thomas fire and its potential inhalation risks to farmworkers. *Journal of Environmental Management*, 278:111570. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111570>
- Xue L, Li Q, Chen H (2014) Effects of a wildfire on selected physical, chemical, and biochemical soil properties in a *Pinus massoniana* forest in South China. *Forests*, 5(12): 2947-2966. <https://doi.org/10.3390/f5122947>

Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi'nin İçerik Analizi

Content Analysis of Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty

Ufuk DEMİRCİ¹ , Saim YILDIRIMER*² , İnci Zeynep YILMAZ¹ 

¹ Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin

² Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Karabük

Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: [10.17474/artvinofd.1785123](https://doi.org/10.17474/artvinofd.1785123)

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Saim YILDIRIMER

e-mail: saimyildirimer@karabuk.edu.tr

Geliş tarihi / Received

16.09.2025

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

10.10.2025

Kabul tarihi / Accepted

13.10.2025

Elektronik erişim / Online available

15.10.2025

Anahtar kelimeler:

Bilimsel yayıncılık

İçerik analizi

Kelime bulutu

Ormanlık

Türkiye

Keywords:

Scientific publishing

Content analysis

Wood cloud

Forestry

Türkiye

Özet

Bu çalışmada, 2000–2025 yılları arasında Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi'nde yayımlanan toplam 600 makale içerik analizi yöntemiyle incelenmiştir. Araştırmada bibliyografik ve içeriksel veriler sistematik biçimde derlenmiş, anahtar kelime bulutu ve kelime ağı (co-word) analizleri gerçekleştirilmiştir. Bulgular, dergide yayımlanan çalışmaların ağırlıklı olarak ormancılık, orman endüstrisi, peyzaj mimarlığı ve çevresel araştırmalar alanlarında yoğunlaştığını ortaya koymuştur. Son yıllarda ise iklim değişikliği, sürdürülebilirlik, karbon yönetimi ve orman yangınları gibi güncel konuların öne çıktığı görülmüştür. Yerel düzeyde Artvin ve Doğu Karadeniz ekosistemlerinin odakta olduğu; ancak ulusal ve uluslararası kurumların katkılarının dergiye bilimsel çeşitlilik kazandırdığı belirlenmiştir. Derginin 2010 yılından itibaren düzenli bir yayın periyoduna kavuşması ve İngilizce makale oranındaki artış, uluslararası görünürlüğün güçlendiğini göstermektedir. Elde edilen bulgular, Türkiye'de ormancılık alanındaki bilimsel yayıncılığın tematik gelişim yönelimlerini ortaya koyarak, gelecekteki araştırmalar için yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır. Ayrıca, farklı orman fakülteleri, kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşları tarafından yayımlanan ormancılık dergilerinin benzer analizlerle değerlendirilmesi; ulusal yayıncılığın bütüncül bir perspektifle ele alınmasına katkı sağlayacaktır. Derginin sürdürülebilir ormancılık, ekosistem hizmetleri, iklim değişikliğiyle uyum ve biyolojik çeşitlilik gibi uluslararası öncelikli temalara yönelmesi, hem akademik etki hem de uluslararası görünürlük açısından önem taşımaktadır.

Abstract

In this study, a total of 600 articles published in Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty between 2000 and 2025 were examined using the content analysis method. Bibliographic and textual data were systematically compiled, and keyword cloud and co-word network analyses were conducted. The findings revealed that the journal primarily focuses on forestry, forest industry, landscape architecture, and environmental research. In recent years, however, contemporary topics such as climate change, sustainability, carbon management, and forest fires have become more prominent. While the Artvin and Eastern Black Sea ecosystems have been central research areas at the local level, contributions from national and international institutions have added considerable scientific diversity to the journal. The regular publication of two issues per year since 2010 and the increasing proportion of English-language articles indicate a steady improvement in international visibility. The results provide a systematic overview of the thematic evolution of scientific publishing in the field of forestry in Türkiye and offer valuable insights for future research directions. Moreover, conducting similar analyses for other forestry faculty journals, as well as for journals published by governmental and non-governmental forestry organizations, would contribute to a comprehensive understanding of national research priorities. Emphasizing international themes such as sustainable forestry, ecosystem services, climate change adaptation, and biodiversity conservation will further enhance the journal's academic impact and international reach.

GİRİŞ

Ülkemizde ormancılık eğitiminin başlangıcı 1856 yılı olarak kabul edilmektedir. 1856 yılında yayınlanan Islahat Fermanı ile Meclis-i Meabir oluşturulmuş ve bu meclise ülke genelinde çeşitli alanlarda iyileştirmeler yapılması görevi verilmiştir. Bu kapsamda, endüstri, kanal, demiryolu, tarım gibi alanlarla birlikte ormancılık

faaliyetlerinin de düzenlenmesi amacıyla yerli ve yabancı uzmanlardan oluşturulan meclise ormancılıkla ilgili olarak Louis Tassy ve Aleksandr Sthème adında iki Fransız uzman ormancı da davet edilmiştir. Uzmanların üstlendikleri görevler; 1839 yılında ilk teşkilatlanmasını gerçekleştiren ormancılık örgütünü düzenlemek, ormancılıkla ilgili yasal düzenlemelerin hazırlanmasını sağlamak ve ülke ormanlarının modern işletme teknikleri ile nasıl

işletileceğini belirlemek olarak belirlenmiştir (Eryılmaz 1993, Koç ve ark. 2007).

Ayrıca ormancılık etkinliklerini yürütecek elemanların yetiştirilebilmesi için bir yükseköğretim kurumunun açılması amaçlanmış ve böylece 1857 yılında da Louis Tassy'nin müdür olarak görev aldığı ülkemizdeki ilk "Orman Okulu" açılmıştır (Eryılmaz ve Tolunay 2015). Ormancılık eğitiminin günümüze kadar geçirdiği süreci ve dönemleri şu şekilde kısaca ifade etmek mümkündür (Özdönmez ve ark. 1998, Eryılmaz 1993, Tolunay 2011, Eryılmaz ve Tolunay 2015):

- *I. Dönem (1857-1879) Orman Okulu:* Öğretim dili Fransızca, ortaokul çıkışlılar kabul edilmekte, öğretim süresi 2 ila 4 yıl arası ve "Rütbe-i Rabia" unvanı ile mezun verilmekte.
- *II. Dönem (1880-1893) Orman ve Maden Okulu:* Ortaokul çıkışlılar kabul edilmekte, öğretim süresi 4 yıl ve "Orman Mühendisi" unvanı ile mezun verilmekte.
- *III. Dönem (1893-1903) Halkalı Tarım ve Orman Okulu:* Ortaokul çıkışlılar kabul edilmekte ve öğretim süresi 4 yıl olan bir okuldur.
- *IV. Dönem (1903-1910) Halkalı Tarım ve Orman Yüksek Okulu:* Uygulamalı tarım okullarının yanı sıra lise ve ortaokullarla bunların dengi okullardan mezun olanlar kabul edilmekte, öğretim süresi 4 yıl ve mezunlarına Tarım Bakanlığı tarafından onaylanan bir icazetname verilmekte.
- *V. Dönem (1910-1934) Orman Yüksek Okulu:* Lise ve dengi okul çıkışlılar kabul edilmekte, öğretim süresi 1917 yılına kadar 2 yıl, daha sonra 3 yıl, 1929 yılına kadar mezunlarına "Orman Fen Memuru" unvanı, daha sonra "Orman Mühendisi" unvanı verilmekte.
- *VI. Dönem; (1934-1948) Yüksek Ziraat Enstitüsü Orman Fakültesi:* Lise ve dengi okul çıkışlılar kabul edilmekte, öğretim süresi 4 yıl olan fakültede, ilk iki yılı Ankara'da, son iki yılı ise İstanbul/Bahçeköy'de okutulmuştur. Mezunlarına önceleri "Diplomalı Orman Mühendisi" unvanı verilirken sonra "Orman Yüksek Mühendisi" unvanı verilmiştir.
- *VII. Dönem: (1948-...) İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi:* 1948 yılında Yüksek Ziraat Enstitüsünün kapatılması üzerine İstanbul/Bahçeköy'deki Orman Fakültesi, İstanbul Üniversitesi'ne bağlanmıştır. Lise

çıkışlılarının kabul edildiği ve 4 yıllık öğretim süresine sahip bu fakültenin mezunlarına 1980 yılından önce "Orman Yüksek Mühendisi" unvanı, daha sonra "Orman Mühendisi" unvanı verilmiştir.

- *VIII. Dönem: (1972-...) Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi:* İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi'nden sonra lisans düzeyinde ormancılık eğitimi vermesi amacıyla kurulan ikinci fakültedir.
- *IX. Dönem: (1994-...) Yeni Orman Fakülteleri:* 1994 yılından itibaren 10 yeni orman fakültesi kurulmuş olup, mevcut durumda 12 orman fakültesinde eğitim ve öğretim faaliyetleri devam etmektedir.

Bu fakülteler şunlardır (URL 1):

- Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi
- Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi
- Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi
- Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi
- Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi
- Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi
- İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi
- İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Orman Fakültesi
- Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi
- Karabük Üniversitesi Orman Fakültesi
- Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi
- Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi

Bugün ormancılık eğitimi, yükseköğretimde ön lisans, lisans ve lisansüstü seviyelerinde gerçekleştirilmektedir. Yükseköğretim kurumlarında bir yandan teknik ya da yönetici personel yetiştirilmekte iken diğer yandan bu birimlerdeki akademik personel tarafından ormancılıkla ilgili teorik ve uygulamalı bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu noktada özellikle bilimsel çalışmaların sonuçlarının ilgi gruplarına duyurulmasında temel araç olarak bilimsel yayınlar kullanılmaktadır.

Ormancılık alanındaki bilimsel yayınlar da ormancılık alanındaki sorunların tespiti ile bu sorunlara çözüm önerilerinin getirilmesi amacıyla yerli ve yabancı birçok bilimsel dergide yayımlanmaktadır. Osmanlı Devleti

döneminde 1861 yılında kurulan ilk topluluk olan Cemiyet-i İlmîye-i Osmaniye tarafından Mecmû'a-i Fünûn adında bir dergi çıkartılmış ve bu derginin 1864 yılındaki 32. sayısında "Ormancılık Fenni" başlığı ile ormancılık hakkında ülkemizdeki ilk makale yayımlanmıştır (Yurtoğlu 2014). Günümüzde ise yayımcılığını Orman Fakültelerinin, Orman Genel Müdürlüğünün, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüklerinin ve ormancılıkla ilgili sivil toplum kuruluşlarının yaptığı ormancılık ile ilgili dergiler yayımlanmaktadır.

Ülkemizde yayımcılığını Orman Fakültelerinin yaptığı ormancılık dergilerinde orman mühendisliği, orman

endüstrisi mühendisliği ve peyzaj mimarlığı gibi alanlar başta olmak üzere çeşitli konularda makaleler yayımlanmaktadır. Günümüzde Orman Fakülteleri tarafından çıkarılan dergiler Çizelge 1'de yer almaktadır. En eski Orman Fakültesi olan İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi tarafından çıkarılan Forestist (eski adı ile İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi) 1951 yılından itibaren faaliyettedir. Daha sonra 1998 yılında Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 2000 yılında ise Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi ile Türkiye Ormancılık Dergisi yayım hayatına başlamışlardır.

Çizelge 1. Orman Fakülteleri tarafından çıkarılan dergiler

Dergi Adı	Yayımcı	Başlangıç	Periyot
Forestist (Eski Adı: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi)	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi	1951	Yılda 3 Sayı
Bartın Orman Fakültesi Dergisi	Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi	1998	Yılda 3 Sayı
Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi	Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi	2000	Yılda 2 Sayı
Türkiye Ormancılık Dergisi	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi	2000	Yılda 4 Sayı
Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi	Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi	2001	Yılda 3 Sayı
Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi	Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi	2005	Yılda 2 Sayı
Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi	Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi	2015	Yılda 2 Sayı
Turkish Journal of Forest Science	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi	2017	Yılda 2 Sayı
Wood Industry and Engineering	Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi	2017	Yılda 2 Sayı
Ağaç ve Orman	Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi	2020	Yılda 2 Sayı
Forest and Wood Science	Karabük Üniversitesi Orman Fakültesi	2025	Yılda 2 Sayı

Belli bir alanda gerçekleştirilen bilimsel çalışmaların kapsamlı bir yaklaşımla değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen içerik analizi sayesinde, mevcut araştırmaların yoğunlaştığı alanlar ile var olan boşlukların ortaya konulması mümkün olmaktadır. İçerik analizinin çeşitli tanımları mevcuttur. Berelson (1952)'a göre içerik analizi, iletişimin açık içeriğinin objektif, sistematik ve niceliksel olarak tanımlanması için kullanılan bir araştırma tekniğidir. Holsti (1968), mesajların belirli özelliklerini

sistematik ve objektif bir şekilde tanımlayarak çıkarımlarda bulunmak için kullanılan herhangi bir teknik olduğunu belirtir. Kerlinger (1986) ise içerik analizini, değişkenleri ölçmek amacıyla iletişimi sistematik, objektif ve niceliksel bir şekilde inceleme ve analiz etme yöntemi olarak tanımlamıştır.

İçerik analizinde toplanan verilerin sayesinde özetlenen ve yorumlanan verilerin arasındaki ilişkilere dayalı açıklanabilecek bilgilere ulaşmak temel esastır. Bu

analizde, veriler derin bir işleme alınarak betimsel yaklaşımla fark edilemeyen ilişkilerin ortaya çıkması ve böylelikle bir çıkarım yapma esasına dayanmaktadır (Yıldırım ve Şimşek 2006). Diğer bir deyişle içerik analizi yöntemi, bir söylemi anlamada ve yorumlamada, öznel etkilerden kurtulmayı sağlamayı amaçlamaktadır. Okuyucunun bilgisine, sezgisine, tutumlarına bağlı kalarak söylemin görünmeyen, gizli kalan ve üstü örtülü içeriğini ortaya çıkarmakta ve herhangi bir söylemin, ifadenin ve kavramın yorumlanmasında kafa karıştırıcı ve anlamayı zorlaştıran ifadelerden kurtulmayı sağlamaktadır. Dolayısıyla, ilk bakışta basitçe anlaşılır diye düşünülen ama derinlemesine bakıldığında içerikte "iletileni algılama sanatı" olarak adlandırılan bir yöntemdir (Bilgin 2014).

İçerik analizi yönteminin uygulanması için ilk önce araştırmanın amacı net olarak belirlenmelidir. Daha sonraki aşamalarda sırasıyla; araştırma amacına yönelik olarak örneklemin oluşturulması, örneklemin bölüneceği birimler ile meta verilerin ve sınıflandırmaların tespit edilmesi gerekmektedir. Son aşamada ise birimlerin ve sınıflandırmaların sıklıklarını miktar veya frekans olarak belirleyerek ilgili metaların değerlendirilmesi, çıkarım yapılması ve yorumlanması yapılmaktadır (Bilgin 2014).

İçerik analizi özellikle son yıllarda işletme, eğitim ve öğretim, halkla ilişkiler, reklamcılık, siyasal bilimler, uluslararası ilişkiler, belge yönetimi ve sosyoloji gibi çok çeşitli alanlarda sıklıkla başvurulan bir analiz yöntemi olmaktadır. Ormancılık alanında ise sınırlı sayıda bilimsel çalışmada (Dağ 2019, Bulut 2021, Bulut ve Gültekin 2021, Bahçeci Öztürk ve Durusoy 2023) içerik analizinden istifade edilmiştir.

Literatürdeki bu boşluktan hareketle, bu çalışmada 26 yıldır yayın faaliyetinde bulunan Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi'nde yayımlanan makalelerin içerik analizini yapmak amaçlanmıştır. Bu kapsamda, makalelerin hangi konulara değindiği, hangi alandaki çalışmaların ağırlıklı olduğu ve irdelenen konuların içerikleri arasındaki ilişkiler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu araştırmanın temel materyalini 2000-2025 yılları arasında Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi'nde yayımlanan makalelerin tümü oluşturmaktadır. Bu derginin seçilmesinin temel nedeni ise Türkiye'de ormancılık alanında yayınlanmakta olan köklü dergilerden biri olmasıdır. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, DergiPark adlı veri tabanında yer almaktadır. Bu nedenle derginin tüm sayılarına arşivden ulaşılmış ve 600 makalenin tümüne buradan erişim sağlanmıştır. Ulaşılamayan bir makale bulunmamaktadır.

Yöntem

Bu çalışmada verilerin analizinde içerik analizi yönteminden istifade edilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında DergiPark platformu üzerinden Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi'nin 2000-2025 yılları arasında yayımlanan tüm sayıları arşivden temin edilmiştir. Elde edilen makaleler PDF formatında bilgisayara indirilmiştir. İkinci aşamada ise her bir makaleye ilişkin bibliyografik ve içeriksel bilgiler sistematik biçimde bir veri tabanına aktarılmıştır. Bu kapsamda "Yıl, Cilt, Sayı, Makale Sayısı, Sayfa Sayısı, Makale Başlığı, Yazar(lar), Yazar Kurumu, Anahtar Kelimeler, Yayın Türü ve Yayın Dili" gibi temel değişkenler Microsoft Excel programına kaydedilmiştir. Üçüncü aşamada, Excel ortamında toplanan veriler üzerinden çeşitli betimleyici analizler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar grafiklerle görselleştirilmiştir.

İçerik analizinde başlıca tercih edilen yöntemler; frekans analizi, kategorisel analiz, değerlendirici analiz, ortak kelime analizi ve olumsuzluk ya da ilişki analizidir (Bilgin 2014). Bu amaçla bu çalışmanın son aşamasında da, makalelerde kullanılan anahtar kelimeler üzerinde metin madenciliğine dayalı analizlerin yapılması tercih edilmiştir. Anahtar kelimelerin sıklık dağılımları çıkarılmış, öne çıkan kavramların ilişkisellik düzeylerini incelemek amacıyla kelime ağı (co-word) analizleri gerçekleştirilmiştir.

Kelime ağı analizinin amacı, belirli bir anda en önemli olarak kabul edilebilecek anahtar kelimeler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmaktır. Bu nedenle, birbirleriyle sıkı bir şekilde bağlantılı olan ve araştırmacılar tarafından önem teşkil eden anahtar kelimelere ait alt gruplarda belirlenebilmektedir (Callon ve ark. 1991). Diğer bir ifade ile sunulan konu alanlarındaki fikirler arasındaki ilişkileri belirlemek için, öge çiftlerinin (kelimeler/isim cümleleri) birlikte bulunma modellerini kullanan bir tekniktir (He 1999).

Son aşamada ise R-Shiny tabanlı bir veri analiz aracı olan EkşiVeri 1.0.5 (Atabay 2025) kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Diğer bir taraftan, bibliyometrik analizlerde yaygın biçimde kullanılan VOSviewer ve Bibliometrix gibi yazılımlar, DergiPark veri tabanındaki makalelere doğrudan erişim ve toplu veri çekme (API) desteği desteği bulunmadığından bu çalışmada uygulanamamıştır. Bu nedenle, araştırmada veri seti manuel olarak

oluşturulmuş ve analizler, metin madenciliğine dayalı olarak geliştirilen R-Shiny tabanlı bir araç aracılığıyla yürütülmüştür.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Anahtar Kelime Bulutu Analizi

Anahtar kelime bulutu sonuçları, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi'nde 2000-2025 yılları arasında yayımlanan makalelerin tematik olarak hangi alanlara yoğunlaştığını açıkça ortaya koymaktadır. En sık kullanılan kelimeler, araştırmaların ağırlıklı olarak ormancılık, orman endüstri, peyzaj mimarlığı ve çevresel araştırmalar ekseninde şekillendiğini göstermektedir. Özellikle "orman" kavramının en yüksek frekansta yer alması, derginin ana bilimsel odağını doğrudan ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, "odun, ürünleri, ahşap, mobilya, levha" gibi kelimeler, odun hammaddesinden elde edilen ürünlere ilişkin araştırmaların da dikkat çekici ölçüde yer bulduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Kelime bulutu

Biyolojik ve ekolojik boyutta, "bitki, flora, fidan, tohum, ekolojik, ekosistem, biyoçeşitlilik" gibi kelimeler, çalışmaların üretim odaklı olmadığını, orman ekosistemlerinin biyolojik çeşitliliği ve işleyişine dair önemli veriler sunduğunu ortaya koymaktadır. Bunun

yanı sıra, "yönetim, planlama, koruma, ağaçlandırma, sürdürülebilirlik" gibi kavramların varlığı, orman kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve korunmasına ilişkin yoğun bir araştırma ilgisini de göstermektedir.

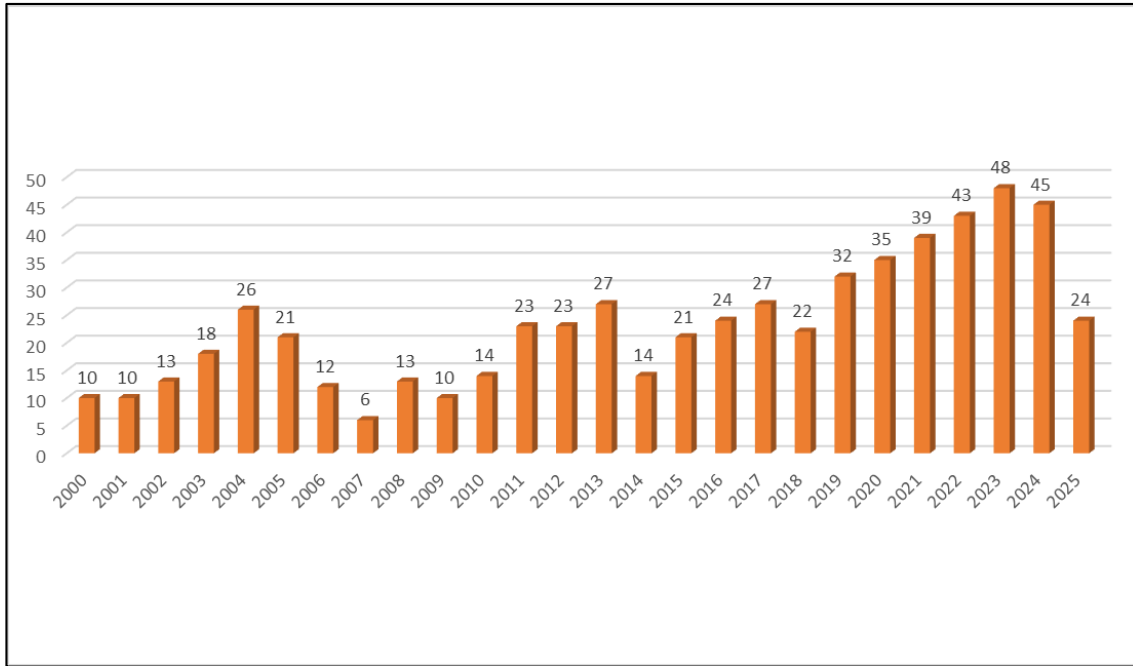
Ağın modülerlik değeri 0.8592 olup, bu oldukça yüksek bir değerdir. Yüksek modülerlik, ağın belirgin alt topluluklara (modüllere) ayrıldığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle, dergide yayımlanan makaleler, tematik olarak birbirinden ayrılan fakat kendi içlerinde bütünleşik kümeler oluşturmuştur. Bu kümelerin, sırasıyla ormancılık-orman endüstri, peyzaj-kentsel çalışmalar, çevresel sürdürülebilirlik ve ekolojik araştırmalar ekseninde şekillendiği söylenebilir.

Ağın ortalama yol uzunluğu hesaplanamamıştır. Çünkü graf bağlı değildir. Başka bir deyişle, anahtar kelimeler tek bir bütüncül ağ yapısı oluşturmak yerine, kendi içinde

yoğun bağlantılara sahiptir. Ancak birbirinden ayrılmış alt kümeler halinde örgütlenmiştir. Dolayısıyla, dergideki çalışmaların tek bir odakta bütünleşmek yerine, farklı tematik kümeler etrafında örgütlendiği anlaşılmaktadır.

Yıllara Göre Makale Sayılarının Dağılımı

Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi'nde 2000–2025 yılları arasında yayımlanan toplam makale sayısı 600 olarak hesaplanmıştır. Yıllara göre dağılım incelendiğinde, derginin yayın performansında dönemsel dalgalanmalar olduğu görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Yıllara göre makale sayısı

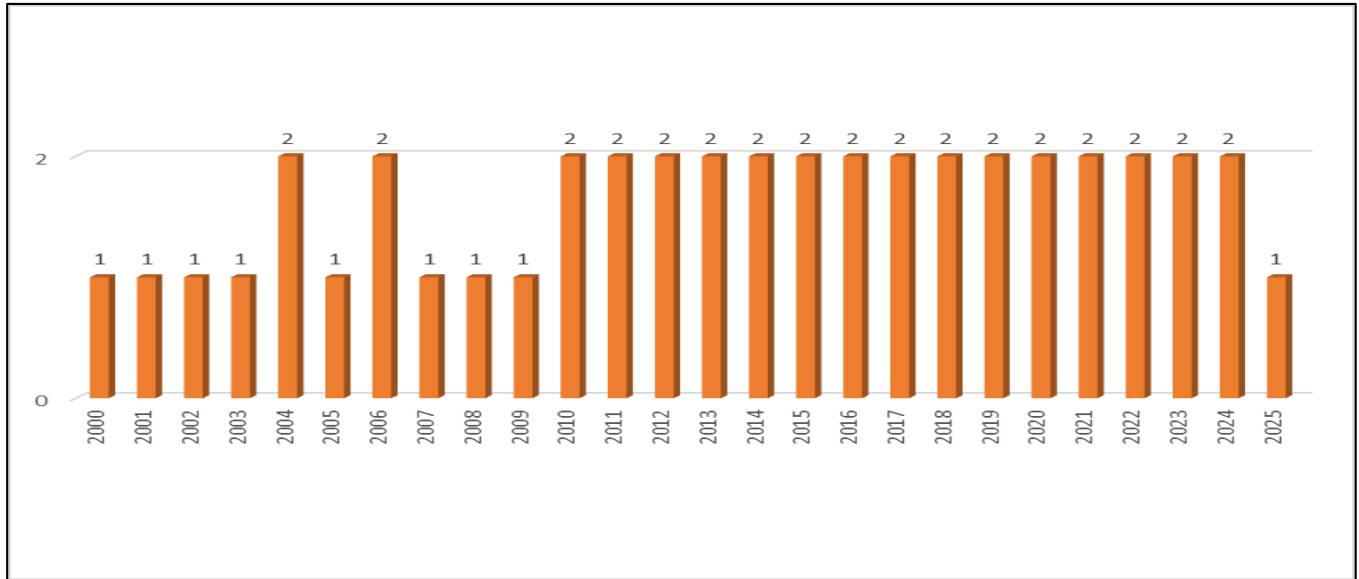
Şekil 3 incelendiğinde, ilk yıllarda (2000–2002) makale sayısı görece sınırlı kalmış (10–13 arası), ancak 2003 yılı itibarıyla artış eğilimi göstermiştir. Özellikle 2004 yılında yayımlanan 26 makale, derginin kurumsal gelişimini hızlandırdığına işaret etmektedir. Bunu takip eden yıllarda (2005–2009) sayılar 6 ile 21 arasında değişmiş ve 2007 yılı 6 makale ile en düşük yayın sayısının görüldüğü yıl olmuştur.

Diğer bir taraftan, 2010 yılından itibaren ise yayın sayılarında daha dengeli bir artış eğilimi göze çarpmaktadır. Bununla beraber, 2011–2013 döneminde yıllık makale sayısının 23–27 bandına oturduğu, derginin istikrarlı bir yayın çizgisi kazandığı anlaşılmaktadır. Dahası, 2014 yılında bir düşüş yaşanmasına rağmen (14 makale), takip eden dönemde yeniden yükselme eğilimi söz konusudur (Şekil 3). Özellikle 2019 yılından itibaren belirgin bir artış dikkat çekmektedir. Örneğin; 2019'da 32, 2020'de 35, 2021'de 39, 2022'de 43, 2023'te 48 ve 2024'te 45 makale yayımlanarak derginin son yıllarda hem akademik üretkenlik hem de yayın hacmi açısından

önemli bir ivme kazandığı görülmektedir (Şekil 3). Bu artış, Türkiye'deki akademik yayıncılığın genel gelişimi ve derginin alanındaki görünürlüğünün artmasıyla da ilişkilendirilebilir. Ayrıca, 2025 yılı için tabloda görülen 24 makale sayısı, önceki yıllara kıyasla görece düşük görünmektedir. Ancak bu durum, derginin yayın politikasıyla açıklanabilir. Zira derginin resmi web sayfasında yer alan "Hakkında" bölümünde belirtildiği üzere, dergi yılda iki sayı halinde yayımlanmaktadır. Dolayısıyla 2025 yılına ait veriler yalnızca ilk sayıyı kapsamaktadır. Yılsonunda ikinci sayının da yayımlanmasıyla birlikte bu sayının 40'ın üzerinde gerçekleşmesi beklenmektedir.

Yıllara Göre Dergi Sayısının Değişimi

Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi'nin yıllara göre yayımladığı sayıların dağılımı incelendiğinde, 2000–2003 yılları arasında derginin yılda tek sayı yayımladığı görülmektedir. Dahası, 2004 yılı itibarıyla ise yayın periyodunda değişikliğe gidilerek bazı yıllarda iki sayı yayımlandığı tespit edilmiştir. Özellikle 2010 yılından itibaren dergi düzenli bir şekilde yılda iki sayı çıkarma sistemine oturmuş ve bu uygulama günümüze kadar istikrarlı biçimde sürdürülmüştür. Bununla beraber, 2025 yılına gelindiğinde ise yalnızca bir sayının yayımlandığı görülmektedir (Şekil 4). Bu durumun nedeni, 2025 yılının ikinci sayısının henüz yayımlanmamış olmasıdır. Dolayısıyla bu yıl için görülen eksiklik teknik bir durum olup, yılsonunda toplam sayı tamamlanacaktır. Bu değerlendirmeler doğrultusunda, derginin yayın periyodunun zaman içerisinde daha kurumsal ve düzenli bir yapıya kavuştuğu, son on beş yıldır da istikrarla sürdürüldüğü söylenebilir (Şekil 4).

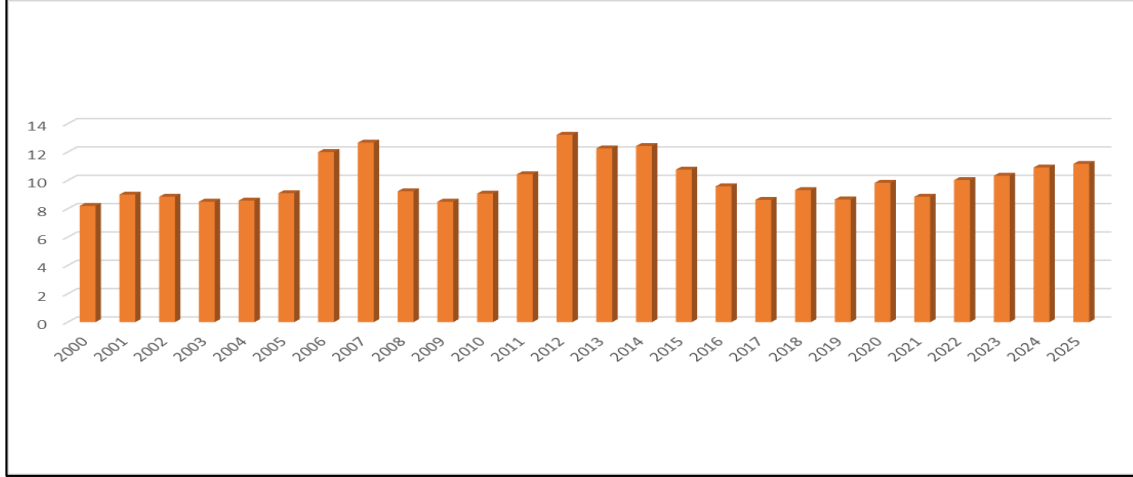


Şekil 4. Yıllara göre cilt sayısı

Makalelerin Ortalama Sayfa Sayısı

Burada 2000–2025 yılları arasında yayımlanan makalelerin ortalama sayfa sayıları incelendiğinde (Şekil 5), yıllar arasında belirli dalgalanmalar olmakla birlikte

genel olarak 8–13 sayfa aralığında değiştiği görülmektedir. Yani ilk yıllarda (2000–2005) ortalama sayfa sayısı daha düşük seyretmiş (8–9 sayfa civarında), ancak 2006 ve 2007 yıllarında bu değer 12 sayfanın üzerine çıkarak dikkat çekici bir artış göstermiştir.



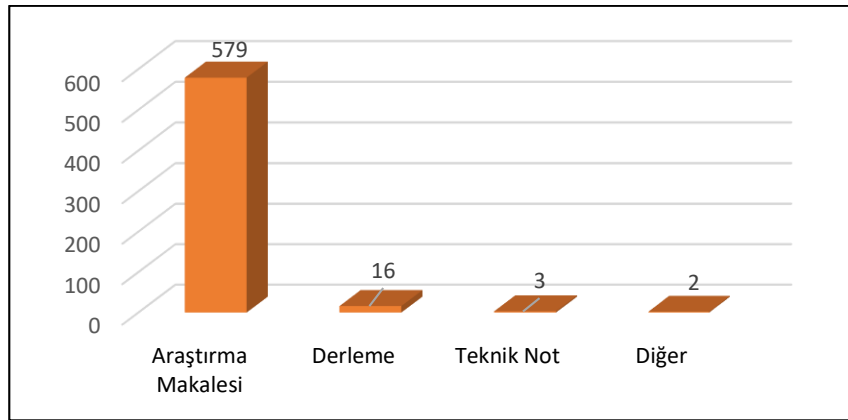
Şekil 5. Yıllara göre makalelerin ortalama sayfa sayısı

Şekil 5 incelendiğinde, 2011–2014 yılları arasında ortalama sayfa sayısının yeniden yükseldiği, özellikle 2012’de 13.2 sayfa ile en yüksek ortalamanın kaydedildiği görülmektedir. 2015 sonrası dönemde ise ortalama değerlerde görece bir dalgalanma yaşansa da, 9–11 sayfa aralığında daha dengeli bir seyrin hâkim olduğu söylenebilir. Bununla beraber, 2020’li yıllarla birlikte makale uzunluklarının yeniden artış eğilimine girdiği, özellikle 2023, 2024 ve 2025 yıllarında ortalama sayfa sayısının 10 sayfanın üzerinde istikrarlı bir şekilde

seyrettiği tespit edilmiştir. Tüm yıllar genelinde ise makalelerin ortalama uzunluğu 10 sayfa olarak hesaplanmıştır (Şekil 5).

Yayın Türlerinin Dağılımı

Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi’nde 2000–2025 yılları arasında yayımlanan toplam 600 makale, yayın türleri açısından değerlendirildiğinde, araştırma makalelerinin en yüksek orana (%96.5; n=579) sahip olduğu görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Yayın türü

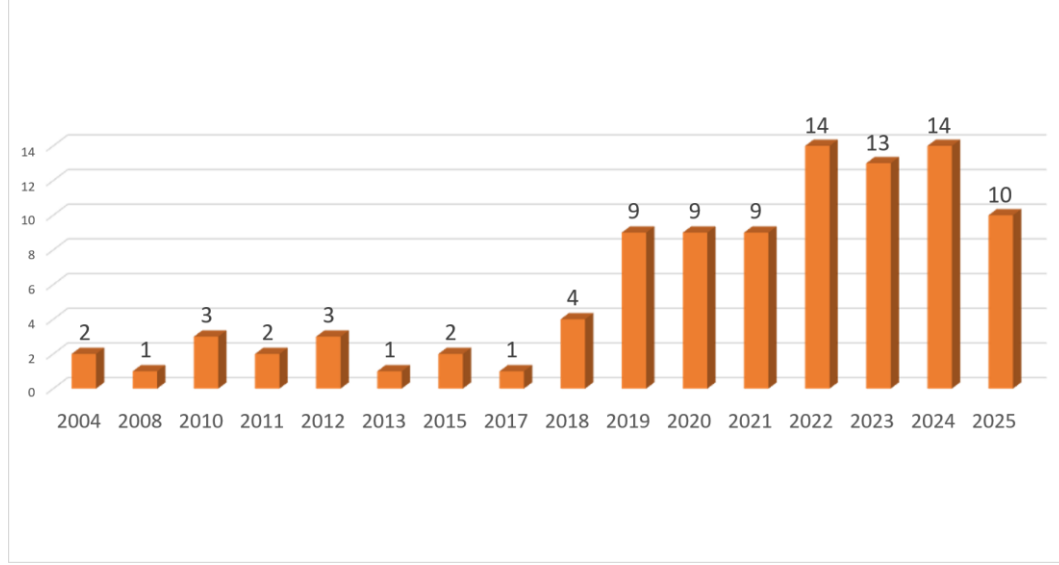
Diğer bir taraftan, derleme türündeki makaleler (%2.7; n=16) görece düşük bir oranda kalmış, teknik notlar (%0.5; n=3) ve “diğer” kategorisinde yer alan yayınlar (%0.3; n=2) ise oldukça sınırlı düzeyde temsil edilmiştir (Şekil 6).

Yayın Diline Göre Dağılım

Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi’nde 2000–2025 yılları arasında yayımlanan toplam 600 makalenin 503’ü (%83.8) Türkçe, 97’si (%16.2) İngilizce

olarak kaleme alınmıştır. Yıllara göre İngilizce makale sayısındaki dağılım (Şekil 7) incelendiğinde, 2004 yılında başlayan sınırlı sayıda İngilizce yayınların özellikle 2018 yılından sonra belirgin bir artış eğilimi gösterdiği dikkat çekmektedir. Bununla beraber, 2018–2025 yılları arasında düzenli bir biçimde yayımlanan İngilizce makalelerin sayısının artarak devam etmesi, derginin

uluslararası akademik platformlarda görünürlüğünü güçlendirme yönünde bilinçli bir politika izlediğine işaret etmektedir. Dolayısıyla dergi, Türkçe yayınlarıyla ulusal düzeyde geniş bir okuyucu kitlesine ulaşırken, son yıllarda artış gösteren İngilizce makaleler aracılığıyla uluslararası etki alanını genişletme eğilimini güçlendirmektedir.



Şekil 7. Yıllara göre İngilizce olarak yazılan makale sayısı

Kurumsal Dağılım

Kurumsal dağılım incelendiğinde, dergiye gönderilen makalelerde 82 farklı kurumdan toplam 240 katkının yer aldığı görülmektedir (Çizelge 2). Bu veriler yazarların bağlı oldukları kurumları yansıtmaktadır; ancak burada önemli bir husus, aynı makalede bir kurumdan birden fazla yazar yer alsa dahi istatistiksel olarak yalnızca bir kez kaydedilmiş olmasıdır. Dolayısıyla grafik, makale bazlı değil, kurum çeşitliliği üzerinden oluşturulmuş bir dağılımı göstermektedir.

Elde edilen bulgular, özellikle ormancılık alanında köklü fakülterle sahip üniversitelerin ön plana çıktığını ortaya koymaktadır. Nitekim, Karadeniz Teknik Üniversitesi (44), Artvin Çoruh Üniversitesi (25), Tarım ve Orman Bakanlığı (20), Kafkas Üniversitesi (9), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (7), Bartın Üniversitesi (6) ve Ankara Üniversitesi (6) gibi kurumlar öne çıkmaktadır (Çizelge 2). Bunun yanında, farklı üniversitelerden, bakanlık

birimlerinden ve özel kuruluşlardan gelen katkılar da derginin kurumsal çeşitliliğini güçlendirmiştir. Ayrıca, University of Georgia (Georgia Üniversitesi) ve Georgian Agrarian University (Georgia Tarım Üniversitesi) gibi yurtdışı kurumlarının da dergiye katkı sağlaması (Çizelge 2), derginin uluslararası düzeyde de ilgi gördüğünü göstermektedir.

Kurumsal dağılımlarda dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise, bazı fakültelerin tarihsel süreçte bağlı oldukları üniversitelerdeki değişikliklerdir. Örneğin, Kastamonu Orman Fakültesi kuruluşunun ilk dönemlerinde Gazi Üniversitesi bünyesinde yer almakta iken, 2006 yılında kurulan Kastamonu Üniversitesi'ne bağlanmıştır. Benzer şekilde, Artvin Orman Fakültesi de uzun süre Kafkas Üniversitesi'ne bağlı kalmış, daha sonra Artvin Çoruh Üniversitesi bünyesine alınmıştır. Bu tür kurumsal geçişler, özellikle Gazi Üniversitesi ve Kafkas Üniversitesi gibi kurumların verilerde kayda değer bir şekilde öne çıkmasına yol açabilmektedir.

Çizelge 2. Yazarların kurumsal dağılımı

Kurum	Yayın sayısı	Kurum	Yayın sayısı	Kurum	Yayın sayısı
Abant İzzet Baysal Üniversitesi	2	Eğirdir Orman Fidanlığı	1	Kastamonu Üniversitesi	5
Adıyaman Üniversitesi	1	Erciyes Üniversitesi	5	Kırıkkale Üniversitesi	4
Afyon Kocatepe Üniversitesi	1	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	1	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi	4
Akdeniz Üniversitesi	2	Fırat Üniversitesi	4	Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	1
Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi	1	Gazi Üniversitesi	1	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	3
Ankara Üniversitesi	6	Gaziantep Üniversitesi	1	Munzur Üniversitesi	1
Artvin Çoruh Üniversitesi	25	Georgia Tarım Üniversitesi	1	Muş Alparslan Üniversitesi	1
Artvin İl Çevre ve Orman Müdürlüğü	1	Giresun Üniversitesi	1	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi	4
Artvin Orman Bölge Müdürlüğü	2	Gümüşhane Üniversitesi	1	Ordu Üniversitesi	2
Atatürk Üniversitesi	3	Hacettepe Üniversitesi	2	Orman Genel Müdürlüğü	2
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	1	Harran Üniversitesi	1	Özel Kuruluş	1
Balıkesir Üniversitesi	1	Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi	2	Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi	3
Bartın Üniversitesi	6	Hatay Tarım İl Müdürlüğü	1	Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	1
Bingöl Üniversitesi	1	Iğdır Üniversitesi	1	Selçuk Üniversitesi	1
Bitlis Eren Üniversitesi	3	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	2	Siirt Üniversitesi	2
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi	1	İl Çevre ve Orman Müdürlüğü	1	Sinop Üniversitesi	2
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	1	İnönü Üniversitesi	2	Starwood Orman Ürünleri A.Ş.	1
Bursa Uludağ Üniversitesi	1	İstanbul Tacirler Eğitim Vakfı İlkokulu	1	Süleyman Demirel Üniversitesi	2
Çankırı Karatekin Üniversitesi	3	İstanbul Üniversitesi	4	T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı	20
Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü	1	İstanbul Üniversitesi -Cerrahpaşa	3	Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı	1
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	1	İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa	1	Tarım ve Orman Bakanlığı	1
Çukurova Üniversitesi	1	İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi	2	Trabzon Endüstri Meslek Lisesi	1
Dicle Üniversitesi	1	İzmir Büyükşehir Belediyesi	1	Trabzon Orman Fidanlık Müdürlüğü	1
DSİ Genel Müdürlüğü	1	İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi	1	Türkiye Şeker Fabrikaları	1
Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü	1	Kafkas Üniversitesi	9	Uludağ Üniversitesi	1
Eğirdir (Isparta) Orman İşletme Müdürlüğü	1	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	7	University of Georgia	1
Eğirdir Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü	1	Karadeniz Teknik Üniversitesi	44	Uşak Üniversitesi	1
				Yıldız Teknik Üniversitesi	1

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mevcut araştırma sonucunda elde edilen sonuçları şu şekilde özetlemek mümkündür:

- Araştırma sonuçları, derginin özellikle ormancılık, orman endüstrisi, peyzaj mimarlığı ve çevresel araştırmalar gibi temalar etrafında yoğunlaştığını; özellikle iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik gibi kavramların, son yıllarda dergide yükselen araştırma temalarının başında geldiğini göstermektedir.
- Yerel ve bölgesel bağlamda ise Artvin ve Doğu Karadeniz ekosistemlerine yönelik çalışmaların ön planda

olduğu görülmektedir. Ayrıca yayın türü olarak araştırma makalelerinin baskın olduğu, son yıllarda İngilizce makalelerin artış eğilimi sayesinde derginin uluslararası görünürlüğünü güçlendirmeye başladığı söylenebilir.

- Derginin yayın periyodu incelendiğinde, özellikle 2010 yılından itibaren düzenli bir şekilde yılda iki sayı yayımladığı, son yıllarda ise makale sayısında önemli bir artış yaşandığı görülmektedir. Ortalama makale uzunluğunun 10 sayfa civarında olması, derginin akademik yazım standartlarını koruduğunu ortaya koymaktadır.

- Kurumsal dağılımlarda ise, hem ulusal ölçekte farklı üniversitelerden hem de yurt dışından katkı sağlanması, derginin akademik çeşitliliğe ve işbirliğine açık bir yapıda olduğunu göstermektedir.

Araştırma kapsamında şu öneriler geliştirilmiştir:

- Benzer içerik analizleri, diğer Orman Fakültesi Dergileri ile kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşları tarafından yayımlanan ormancılık dergilerine de uygulanmalıdır. Bu sayede geçmişten günümüze ülkemizde ormancılık alanında yapılan çalışmalar sistematik bir şekilde ortaya konulabilecek ve hangi konuların daha yoğun olarak çalışıldığı ve hangi konuların daha bakir olduğu belirlenebilecektir.
- Yine benzer şekilde son yıllarda giderek önem kazanan çalışma konuları da tespit edilerek, yakın gelecekte çalışmaların hangi alanlara yoğunlaşacağı da öngörülebilecektir. Böylelikle, Türkiye'de ormancılık bilimsel yayıncılığının gelişim seyri ve öncelikli araştırma alanları bütüncül bir şekilde ortaya konulabilecektir.
- Bu noktada; gelecekte yapılacak çalışmalar için, bilimsel üretimdeki eğilimlerin zaman serisi analizleri gibi

KAYNAKLAR

- Atabay E (2025) EkşiVeri 1.0.5: R-Shiny Entegrasyonlu Akıllı Veri Analizi Ve Analitiği Uygulaması. In: (Version 1.0.5) Tourism Analytics.
- Bahçeci Öztürk Y, Durusoy İ (2023) Ormancılık makalelerinde türkçe kelime kullanım değişimlerinin incelenmesi: Forestist Dergisi örneği. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 19(1):283-295. <https://doi.org/10.58816/duzceod.1309953>
- Berelson B (1952) Content Analysis in Communication Research. New York: The Free Press.
- Bilgin N (2014) Sosyal Bilimlerde İçerik Analizi: Teknikler ve Örnek Çalışmalar. Genişletilmiş 3. Baskı, Ankara: Siyasal Kitabevi, ss. 1-262.
- Bulut AT (2021) Orman mühendisliği dergisinin içerik analizi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce.
- Bulut AT, Gültekin YS (2021) Orman Mühendisliği meslek alanında yayımlanan orman mühendisliği ve yeşil dünya dergilerinin incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(3):69-80. <https://doi.org/10.29130/dubited.898913>

analizler ile ortaya konulması ve desteklenmesi ve ayrıca disiplinler arası ilişkilerin daha ayrıntılı incelenmesi, ormancılık araştırmalarının yönelimlerini daha kapsamlı biçimde ortaya koyacaktır.

- Son yıllarda dünya genelinde iklim değişikliği, sürdürülebilir kalkınma amaçları, sürdürülebilir ormancılık, orman yangınları ve karbon yönetimi gibi konularda çalışmaların hızlı bir artış gösterdiği ve popüler olduğunu ifade etmek mümkündür. Bu nedenle bu çalışma konularının dergi ana sayfasında özellikle vurgulanması ve bu güncel araştırma alanlarına öncelik verilmesi önerilmektedir.
- Uluslararası görünürlüğün artırılması amacıyla İngilizce makale oranının yükseltilmesi, yabancı araştırmacıların hakemlik ve yazarlık süreçlerine daha fazla dâhil edilmesi de önemlidir.
- Kurumsal işbirliklerinin güçlendirilmesi, farklı üniversiteler ve araştırma enstitüleriyle ortak yayınların teşvik edilmesi, derginin akademik etki gücünü artıracaktır.

- Callon M, Courtial JP, Laville F (1991) Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: the case of polymer chemistry. *Scientometrics*, 22 (1):155-205.
- Dağ F (2019) Ormancılık alanında yapılmış olan lisansüstü tezler: orman ekonomisi merkezli bir içerik analizi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce.
- Eryılmaz AY (1993) Ormancılık Öğretimi ve Bu Konuda Yapılmış Olan Yayınlar. I. Ormancılık Şurası Tebliği (1-5 Kasım 1993), Orman Bakanlığı, Seri No: 13, Yayın No: 006, Orman Genel Müdürlüğü Basım Tesisleri, Ankara, Türkiye.
- Eryılmaz AY, Tolunay A (2015) Ormancılık Politikası. Fakülte Kitabevi, Isparta, ISBN: 978-605-4324-65-1.
- He Q (1999) Knowledge Discovery through Co-Word Analysis. *Library Trends*, 48(1):133-159. <https://doi.org/10.12691/jbms-4-5-2>
- Holsti OR (1968) Content Analysis. In G.Lindzey & E.Aronson (Eds.), *The Handbook of Social Psychology* (2nd Ed.) (Pp.596-692), Vol II, New Delhi: Amerind Publishing Co.
- Kerlinger FN (1986) *Foundations of Behavioural Research* (3rd Ed). New York: Holt, Rinehart and Winston.

- Koç H, Kanat M, Tolunay A (2007) Türkiye'de Ön Lisans Ormancılık Eğitiminde Mevcut Durum, Darboğazlar ve Çözüm Önerileri. Proceedings of International Symposium Bottlenecks, Solutions, and Priorities in the Context of Functions of Forest Resources, the 150th Anniversary of Forestry Education in Turkey, October 17-19, 2007, İstanbul, 201-215.
- Özdönmez M, Akesen A, Ekizoğlu A (1998) Ormancılık yönetim bilgisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 457, İstanbul.
- Tolunay A (2011) Ormancılıkta Uygulayıcı Teknik Personel Eğitimi. 1. Ulusal Ormancılık Kongresi Tebliğler Kitabı, TOD Yayını Kongre Seri No:1, s.252-266, Ankara.

- URL 1 Orman Mühendisliği Programı Bulunan Tüm Üniversiteler. <https://yokatlas.yok.gov.tr/lisans-bolum.php?b=10163>, Erişim Tarihi: 05/08/2025.
- Yıldırım A, Şimşek H (2006) Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. 5. Baskı, Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yurtoğlu B (2014) Türkiye'de ormancılık alanında yayınlanan ilk Osmanlıca makale. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14(2):173-181.