

Cilt: 20 Sayı: 2 Aralık 2024 / Vol: 20 No: 2 December, e-ISSN 2148-7855



DÜZCE ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ  
**ORMANCILIK DERGİSİ**

DÜZCE UNIVERSITY  
JOURNAL OF FORESTRY

Fakülte Adına Sahibi  
Baş Editör

: Prof. Dr. Abdurrahim AYDIN  
: Prof. Dr. Engin EROĞLU

### **Editör Kurulu**

#### **Alan Editörleri**

Prof. Dr. Kermit CROMAC Jr. (Oregon State University)  
Prof. Dr. Rimvydas VASAITIS (Swedish University of Agricultural Sciences)  
Prof. Dr. Jiří REMEŠ (Czech University of Life Sciences Prague)  
Prof. Dr. Marc J. LINIT (University of Missouri)  
Prof. Dr. Zeki DEMİR  
Prof. Dr. Emrah ÇİÇEK  
Prof. Dr. Aybike Ayfer KARADAĞ  
Prof. Dr. Mehmet Kıvanç AK  
Doç. Dr. Hüseyin AMBARLI  
Doç. Dr. İdris DURUSOY  
Doç. Dr. Tarık GEDİK  
Doç. Dr. Ali Kemal ÖZBAYRAM  
Doç. Dr. Bilal ÇETİN  
Doç. Dr. Hüseyin CİRİTCİOĞLU  
Dr. Öğr. Üyesi Pınar KÖYLÜ  
Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÖZDEMİR  
Dr. Öğr. Üyesi Tarık ÇİTGEZ  
Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÖZTÜRK  
Arş. Gör. Dr. Sertaç KAYA

#### **Teknik Editörler**

Dr. Öğr. Üyesi Ömer ÖZYÜREK  
Dr. Öğr. Üyesi Nuray ÖZTÜRK  
Arş. Gör. Dr. Sertaç KAYA  
Arş. Gör. Yıldız BAHÇECİ  
Arş. Gör. Özcan AKIN  
Arş. Gör. Erkan ALTAŞ  
Arş. Gör. Mevlüt GÜRSOY  
Arş. Gör. Elif Can SUER

#### **Dil Editörleri**

Dr. Öğr. Üyesi Pınar KÖYLÜ  
Arş. Gör. Mertkan Fahrettin TEKİNALP

#### **Yazışma Adresi      Corresponding Address**

Düzce Üniversitesi      Duzce University

Orman Fakültesi      Faculty of Forestry

81620 Konuralp Yerleşkesi / Düzce-TÜRKİYE      81620 Konuralp Campus / Düzce-TURKEY

---

Dergi yılda iki sayı olarak yayınlanır (This journal is published semi annually)  
<https://dergipark.org.tr/pub/duzceod> adresinden dergiye ilişkin bilgilere ve makale özetlerine ulaşılabilir  
(Instructions to Authors" and "Abstracts" can be found at this address).

## İÇİNDEKİLER

<b>Determination of Material Volume Using UAVs in Land Surface Change: The Case of Konuralp Campus (Düzce).....</b>	<b>1</b>
Nuri TÖREYEN, Yılmaz TÜRK, Tunahan ÇINAR	
<b>Farklı Yükseltelerde Dağçayı (Sideritis pisidica Boiss. &amp; Heldr.)'nın Uçucu Bileşenleri .....</b>	<b>17</b>
Ayşegül TEKEŞ, Sermin GÖKSU KARAGÖZ, Serkan GÜLSOY	
<b>Kuraklığın Ebegümeçi (Malva sylvestris L.) Bitkisinin Su Durumu, Büyümesi ve Antioksidan Sistem Üzerine Etkisi.....</b>	<b>26</b>
Seda ŞAHİN, Hülya TORUN	
<b>Millet Bahçelerinin Kullanıcı Memnuniyetleri Açısından Değerlendirilmesi: Düzce Millet Bahçesi Örneği.....</b>	<b>41</b>
Serir UZUN	
<b>Orman Fakültesi Öğrencilerinin Uzaktan Eğitim Deneyimlerinin İrdelenmesi (Düzce Üniversitesi).....</b>	<b>60</b>
Muhammet ÇİL	
<b>Orta Yoğunlukta Liflevha Üretiminde Çekme Direncinin İki Aşamalı İzlenmesi.....</b>	<b>72</b>
Sebahattin TİRYAKİ, Aytaç AYDIN	
<b>Su İçin Doğa Temelli Çözümler: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi için Sürdürülebilir Yağmur Suyu Uygulamaları ve Potansiyel Kazanımlar.....</b>	<b>82</b>
Meltem Güneş TİGEN	
<b>Türkiye'de Çınar Kanseri Lekesi Etmeni Ceratocystis platani İçin Yeni Bir Lokalite Kaydı.....</b>	<b>103</b>
Refika Ceyda BERAM, Sultan AKYOL	
<b>Valorization of hazelnut branch pruning wastes to medicinal mushroom (Reishi-Ganoderma lucidum) cultivation and nutritional quality properties.....</b>	<b>119</b>
Çağlar AKÇAY, Recai ARSLAN, Faik CEYLAN	
<b>Ofis Ortamlarında 5S Uygulamasının Verimlilik Üzerine Etkisi: Bir Orman Ürünleri İşletmesi Örneği.....</b>	<b>132</b>
Özge HORASAN, Derya SEVİM KORKUT	
<b>The Impact of Roadside Trees on Air Quality in Hot Desert Climates: A Case Study of Dubai.....</b>	<b>147</b>
Makbulenur ONUR	
<b>The Effect of Neopestalotiopsis australis in Needle Necrosis Blight of Stone Pine Seedling in Hendek Forest Nursery.....</b>	<b>160</b>
Deniz ÇAKAR	
<b>Azospirillum lipoferum ve Deniz Yosunu Özütünün Sakız Kabağı (Cucurbita pepo L.) Fidelerinin Büyüme ve Gelişim Parametreleri Üzerindeki Etkileri.....</b>	<b>177</b>
Yadigar Leyla DOĞAN, Özlem ÜZAL, Ömer ÖZTAŞ, Fikret YAŞAR	
<b>Çanakkale Kara Menderes Irmağı Çevresindeki Leyleğin (Ciconia ciconia L, 1758) Üreme Biyolojisi.....</b>	<b>197</b>
Mert UZUNOĞLU, Akif KETEN	
<b>Determination of Climatic Changes in Düzce Province Using Three Different Climate Classification Methods.....</b>	<b>206</b>
Eren BAŞ, Şahin PALTA	

<b>İç Anadolu Kurak Sahalarında Abiyotik Bitki Stresleri.....</b>	<b>228</b>
Abdullah Hüseyin DÖNMEZ, Oktay YILDIZ	
<b>Kampüs Orman Alanları Karbon Yutak Kapasitesinin Zamansal Değişimi; Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Örneği.....</b>	<b>249</b>
Seda SARANAY KAYAR, Gül TEKİNGÜNDÜZ, Mustafa Kağan ÖZKAL, Pınar KIRKIK AYDEMİR	
<b>Kıyı Peyzajlarının Karakterizasyonu: Güney Antalya, Beldibi-Demre Arası Bir Kesit.....</b>	<b>266</b>
Gamze BANOĞLU, Emrah YILDIRIM	
<b>Konya İlinde Bulunan Sonsuz Şükran Köyü'nün Ekolojik Kriterler Kapsamında Değerlendirilmesi.....</b>	<b>287</b>
Ayşen ÇOBAN, Latif Gürkan KAYA, Betül Halime UZUNAY	
<b>Orman Yangını Müdahale İşçilerinin Orman Yangınlarıyla Mücadelede Karşılaşılan Sorunlara Yönelik Görüşleri.....</b>	<b>309</b>
İsmail ŞAFAK, Taner OKAN, Devrim KARADEMİR	
<b>Tür Dağılım Modellemesinin Kısa Tarihi: Web of Science üzerinden Bibliyometrik Çalışma.....</b>	<b>334</b>
Serkan ÖZDEMİR	
<b>V-Şekilli Mikro Havzaların Dar Yapraklı Dişbudak Fidanlarının Ağaçlandırma Başarısına Etkisi...352</b>	
Yasin KARASİN, Bülent TOPRAK, Muhammed Ali AYDIN, Derya EŞEN, Mehmet Ali ÜNLÜ	
<b>Web-based Timber Logs Information System Using the YOLOv8 Model: İstifTakip.....</b>	<b>370</b>
Remzi EKER, Kamber Can ALKİŞ	
<b>Yersel Lidar Verisinden 3DFin Yazılımı ile Ağaçların Göğüs Çapının Belirlenmesi.....</b>	<b>395</b>
Hayati ZENGİN	
<b>Çanakkale Kent Merkezindeki Anaokulu Bahçelerinin Peyzaj Unsurlarının İncelenmesi.....</b>	<b>408</b>
Seda UYGUN, Özgür KAHRAMAN	

## Determination of Material Volume Using UAVs in Land Surface Change: The Case of Konuralp Campus (Düzce)\*

### Arazi Yüzey Değişiminde İHA Kullanılarak Materyal Hacminin Belirlenmesi: Konuralp Yerleşkesi (Düzce) Örneği

 Nuri TÖREYEN<sup>1</sup>,  Yılmaz TÜRK<sup>1</sup>,  Tunahan ÇINAR<sup>1</sup>

#### Abstract

In this study examined the availability of UAV in determining material volume in excavation and fill works. The study aims to calculating the volume of an excavation work areas 1841 m<sup>2</sup> at the parking lot of the Faculty of Sports Sciences at Düzce University Konuralp Campus and a filling work areas 2759 m<sup>2</sup> on the access road to the Environmental and Health Specialization Laboratory. Autonomous UAV flights were performed before and after the excavation and filling works in the study areas. Besides, following these UAV flights, terrestrial measurements were made in the same way. The study found that UAV data analysis results an excavation volume of 7121 m<sup>3</sup> in the parking area and a filling volume of 5752 m<sup>3</sup> on the road. According to calculations used terrestrial measurement methods, the excavation volume in the parking area was 7007 m<sup>3</sup> and the filling volume on the road was 5683 m<sup>3</sup>. An average difference of 1.42% was found between UAV data and terrestrial measurement methods. The results were showed the usability of UAV systems in detected material volume.

**Keywords:** UAVs, Total station, cut and fill volumes, digital elevation model.

#### Özet

Bu çalışmada, İHA teknolojisinin kazı ve dolgu çalışmaları materyal hacminin belirlenmesinde kullanılabilirliği incelenmiştir. Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi Spor Bilimleri Fakültesi otoparkında 1841 m<sup>2</sup> büyüklüğünde yapılan kazı çalışması ile Çevre ve Sağlık İhtisaslaşma Laboratuvarı bağlantı yolunda 2759 m<sup>2</sup> büyüklüğünde yapılan dolgu çalışması hacminin hesaplanması çalışmaya konu edilmiştir. Kazı ve dolgu çalışmalarından önce ve sonra İHA ile uçuşlar otonom olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu İHA uçuşlarını takiben yersel ölçümler de aynı şekilde yapılmıştır. Çalışmada, İHA verileri ile otopark alanında 7121 m<sup>3</sup> kazı hacmi, yolda 5752 m<sup>3</sup> dolgu hacmi bulunmuştur. Yersel ölçüm yöntemlerine göre yapılan hesaplamada ise otopark alanında kazı miktarı 7007 m<sup>3</sup>, yolda dolgu miktarı 5683 m<sup>3</sup> bulunmuştur. İHA verileri ile yersel ölçüm yöntemleri arasında ortalama %1,42'lik bir fark bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar materyal hacminin belirlenmesinde İHA sistemlerinin kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İHA, Total station, Kazı ve dolgu hacimleri, Sayısal yükseklik modeli.

## 1. Introduction

In recent years, the development of technologies and image processing algorithms has further increased the importance of photogrammetry studies. Photogrammetry has been a long history, included mathematical calculations on three-dimensional (3D) images produced from superposition pairs of two-dimensional photographs (Erdin, 1992; Yilmaz, 2010). The developed UAV platforms have been significantly influenced by new generation image processed techniques. The increased use of the Structure-from-Motion (SfM) algorithm considered a development in photogrammetry, was of importance in the improvement of UAVs and their systems (Gülci et al., 2021). High-resolution digital elevation models (DEMs) and orthophotos have been easily creating with many commercial or open-source software operating with the SfM algorithm (Shervais, 2015; Wallace et al., 2016). SfM algorithm, which produces successful and accurate results even in complex topography, has accuracy within an accepted range when compared to laser scanning systems (Westboy et al., 2012; Seki et al., 2017). Programs with interfaces that make easier the processing of high resolution images in the digital media allow researchers to easily create 3D models. Consequently, the use of digital photogrammetry in different studies including natural sciences such as forest engineering was expanded and increased daily (Akgul et al., 2016; Osborn et al., 2017; Tercan, 2018).

Additionally, in photogrammetry studies that have been increased used digital cameras available to researchers, the location, size and shape of objects are determined from vertical and oblique have high resolution aerial photographs (Erdin, 1992). In recent studies, the merge of low-cost UAV imagery with the SfM technique was increasingly viewed as fast, affordable, accessible and innovative compared to terrestrial measurement and terrestrial LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) (İnan and Öztürk, 2016; Gülci et al., 2017; Akgul et al., 2018).

UAVs have been typically equipped with cameras or sensors and can provided high-resolution images. These high-resolution images could be used to detected changes in the land surface. UAV systems enable the rapid collection of terrain data in a study area. To detect terrestrial changes with UAVs, it is necessary to plan and conduct multiple flights. Compared to aerial vehicles such as airplanes or helicopters, UAV systems all the time have been lower operating costs, make possible for more frequent data collection (Liang et al., 2023).

Total Stations was land surveying devices capable of delicate point-based measurements on terrain. This allows the detected of changes in the land surface with millimeter sensitive. Total Stations was could create three-dimensional maps used measurements from the land, enabling detailed analysis of surface changes. They allow direct terrestrial measurement, making it was possible to detected land changes directly in the study area. However, the lengthy data acquisition process is a disadvantage. UAV systems are often used to cover big size study areas and collected data quickly, while Total Stations was preferred for more detailed and sensitive measurements. The combined use of these products have help in more comprehensively and accurately determined changes in the land surface (Anonymous, 2024).

In this study examined the determination of excavation and fill volumes used UAV and total Stations systems for works conducted at the Düzce University Konuralp Campus. The aim of this study is to assess the usability of UAV systems in calculating material volumes and to compared the results of UAV and terrestrial measurement.

### **1.1. Methods Used for Determining Material Volume**

The methods used to determine the volume of excavation material can vary depending on the size of the excavation site, the type of material, and precision requirements. Various material volume calculation methods have been used from past to present.

#### **1.1.1. UAV Systems**

Satellites and manned aerial vehicles are important systems currently used to obtain remote sensing images. However, these systems have several disadvantages. UAVs, on the other hand, offer various advantages, such as lower cost, lighter weight, and the ability to capture images at low flight speeds. Unlike aircraft and satellite systems that capture images from high altitudes, UAVs can be used in cloudy weather for the same purpose (Xiang and Tian, 2011). Additionally, UAVs are safer as they pose less risk compared to piloted aircraft, and they offer flexibility in terms of desired flight altitude and timing. UAVs are classified for scientific or civilian use based on features such as platform size, flight tolerance, and capacity, often aligning with existing military categories (Watts et al., 2012).

Today, UAV systems are widely used in military applications for documentation, monitoring, and increasingly in civilian applications (Eisenbeiss and Sauerbier, 2011). Following the development in the design, research, and production of aerial platforms, the demand for UAVs in aerial photogrammetry has increased (Tahar et al., 2011). UAVs are

used in agriculture for spraying, surveillance, road deformation detection, and documentation of cultural heritage (Mitch and Salah, 2009).

### 1.1.2. Total Station (Electronic Distance Measurement)

A Total Station is a highly precise and versatile measurement device used in topographic surveys. It is commonly used in construction, mining, mapping, and land surveying (GH, 2024). Total Station devices provide accurate location data by measuring both horizontal and vertical angles and distances. The Total Station sends laser or infrared beams to the points to be measured. These beams reflect off prisms or directly off target surfaces and return. The device determines the distance and position by measuring the return time and angle of the beams. The advantages of a Total Station include millimeter-level accuracy, the ability to perform both angular and distance measurements, data recording capability, and immediate calculations, along with user-friendly interfaces and software that provide ease of use. The Total Station is an indispensable tool in modern surveying techniques. It provides precise and reliable results, making it widely applicable. When used correctly and maintained regularly, it offers a significant advantage in topographic and engineering studies. However, the lengthy data acquisition process is a disadvantage (Pehlivan, 2019).

Total Station has been used in many scientific studies (Scherer and Lerma, 2009; Luo et al., 2016; Ulvi, 2018; Gülci and Kılınç, 2018) and in volume calculations in practice. The use of devices such as Total Station, which obtain data by terrestrial measurements, is less common than the use of UAVs in today's volume calculation studies. UAVs can scan more areas with high precision and in a shorter time and data can be generated (Özdemir, 2023).

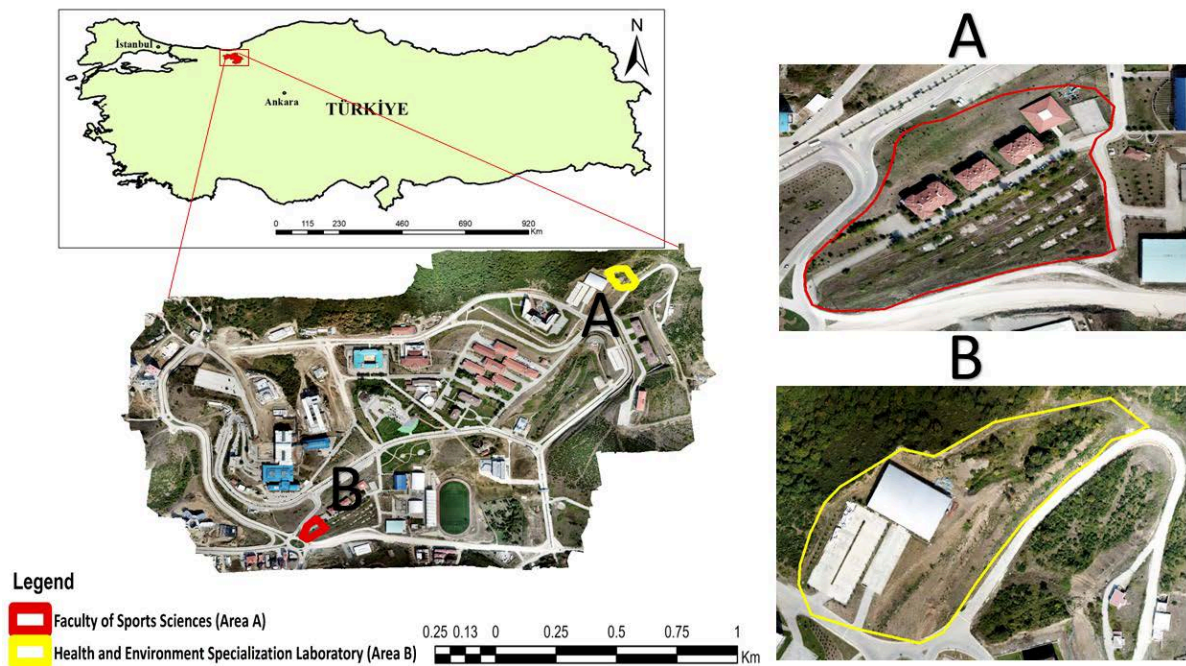
## 2. Material and Method

### 2.1. Study area

The study area was located approximately 10 km from Düzce Province, specifically at the Düzce University Konuralp Campus in the northern part of the province. The research focuses on the excavation area at the parking lot of the Faculty of Sports Sciences (Area A) and the fill area along the access road to the Health and Environment Specialization Laboratory (Area B). The two areas are approximately 1 km apart. The parking lot excavation area covers 1841 m<sup>2</sup>, while the road fill area measures 2759 m<sup>2</sup>. Düzce Province is situated between the latitudes of 40°43' and 41°07' north and the longitudes of 30°49' and 31°50" east, encompassing an area of 2593 km<sup>2</sup> in the Western Black Sea Region



(Anonymous, 2002). To the east and south of the province lies Bolu, to the west is Sakarya and to the north is the Black Sea (Figure 1). The average elevation of Düzce city center is 120 m, with elevations reaching up to 1850 m in mountainous regions (Anonymous, 1999).



**Figure 1.** Study areas and their surroundings.

## 2.2. UAV System and Terrestrial Photogrammetric Methods for Acquiring Digital Images

### 2.2.1. Acquiring Digital Images with UAVs

In this study, the volume of material in the designated areas was calculated. A total of two flights were conducted using UAVs as part of the research. The image acquisition process with the UAV followed these steps: i) pre-field preparation, ii) field work, iii) execution of the flight, and iv) post-flight processing.

Autonomous flights were carried out in the study area, with front and side overlap rates set at 70% and 80%, respectively. The flight path was designed to cover the study area, with a camera angle of 90° and flying at an altitude of 100 m.

The flights were conducted autonomously using the DJI Phantom 4 RTK model UAV platform (Figure 2). The DJI Phantom 4 RTK system features a 1-inch 20-megapixel resolution CMOS sensor. It is equipped with a global navigation satellite system (GNSS) receiver that allows for high positional accuracy through multi-frequency RTK/PPK data acquisition. The flight planning process was created using the DJI GS RTK application from the controller of the DJI Phantom 4 RTK system.



**Figure 2.** DJI Phantom 4 RTK model UAV and remote controller.

### **2.2.2. Field Surveys**

After the acquisition of UAV images, terrestrial measurements were initiated. In the terrestrial measurement method, three separate polygon points that are geologically difficult to change were established using a TOPCON GR5 RTK-GNSS (Global Navigation Satellite System) receiver, with 30-minute sessions conducted to set up these points. Two of the polygon points were used for connections, while the third was for control purposes. Subsequently, the established polygon points were connected using an electronic distance measurement device (Total Station: TOPCON OS200) (Figure 3), and elevation coordinate information of the surface was obtained through backsights and prisms. Taking into account the slope changes on the surface, measurements were conducted with a maximum distance of 5 meters. These procedures were carried out twice in the study areas, once before the excavation and fill work and once after. In the study, the terrestrial measurement was used as a reference for evaluating the accuracy of the volumes calculated with the UAV.

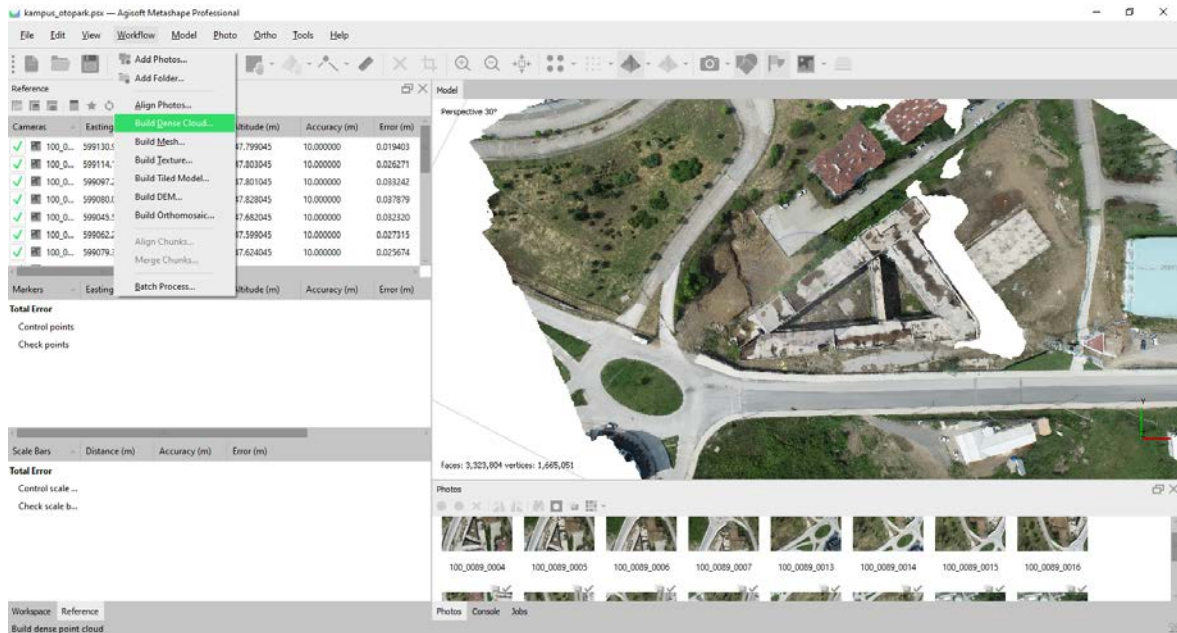


**Figure 3.** Field Surveys.

### 2.3. Determination of Excavation and Filling Volume in the Study Area

The images obtained using UAVs were processed to produce a high-resolution and accurate point cloud using Agisoft Metashape Professional Version 1.7.6 software (Figure 4). The software was run on Windows 10 64-bit operating system, Inter® Xeon® CPU E5-1650 v3 @ 3.50GHz 48 GB processor model and a workstation with 4 GB AMD FirePro W5100 graphics card technical specifications were used. During the image alignment

process, the accuracy level was set to medium, while high quality settings were chosen for the production of depth maps and dense cloud generation. Since the images were acquired through flights conducted in RTK mode, YKN (Ground Control Points) were not defined in the image optimization process. The photogrammetric analysis of the images involved the steps of Align and Build Dense Cloud. The resulting point cloud was then exported in “.xyz” format. Similarly, the coordinates recorded by the electronic distance measurement device were exported to create “.xyz” format.



**Figure 4.** Dense Cloud Processing in Agisoft Metashape Professional Version 1.7.6.

The “.xyz” format data obtained from the UAV and field surveys were imported into NetCAD software to create a triangular model (digital elevation model) and obtain terrain surfaces (Figure 5). Subsequently, using the Netpro module, routes were created on the surfaces obtained before and after excavation and filling for both methods, with cross-sections defined every two meters. The resulting cross-sections were compared with those in the Netsurf module, and the volume was calculated using the TCK method (Figure 6). In TCK method; the application distance (AD) is calculated by the formula  $AD = [E/(E+F)] \times L$  for excavation (E) and  $AD = [E/(E+F)] \times L$  for filling (F). L is the distance between two sections. Area is the excavation and backfill areas per section. If both sections are in excavation or filling in the volume, the formula  $(A1+A2)*L/2$  is applied (Netcad, 2024).

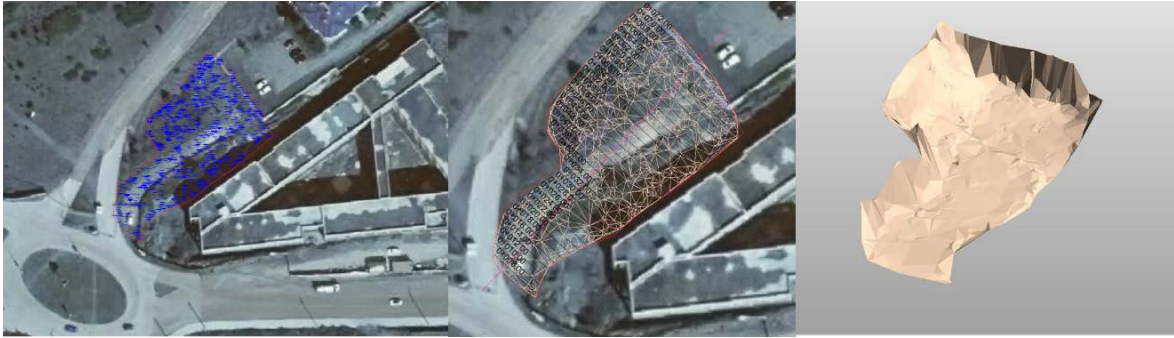


Figure 5. Data Processing in NetCAD Software.

Netcad 5.2 GIS for Windows - [PROJE1.NCZ]

Proje Çiz Düzenle Görüntü Sorgu Pencere Araçlar Raster Netsurf Hesap 3D+ Netmap Kamu Ç

İşaretleme çizim alanı dışında Ölçek=2418

**Enkesitlerden Hacim Hesabı**

Sonraki Alm Enkesitleri  
C:\Users\YılmazT\Desktop\proje\_6\_küba\_j\_hes ...

Önceki Alm Enkesitleri  
C:\Users\YılmazT\Desktop\proje\_6\_küba\_j\_hes ...

Yöntem

TCK Yöntemi

$[A1+A2+Karekök(A1 \cdot A2)] \cdot L / 3$

$[A1+A2] \cdot L / 2$

DSI Yöntemi

Grafik

Hesapla İptal

Netcad 5.2 GIS for Windows - [Lab\_total\_Son.NCZ]

Proje Çiz Düzenle Görüntü Sorgu Pencere Araçlar Raster Netsurf Hesap 3D+ Netmap Kamu Çap Elnet NetPro Nettop İşmesuyu Genel Yardım

İşaretleme çizim alanı dışında Ölçek=473

0+062.00	2.00	-	129.690	-	267.042	6.120	3769.383	-3763.263
0+064.00	2.00	-	126.111	-	255.801	6.120	4025.184	-4019.064
0+066.00	2.00	-	121.625	-	247.736	6.120	4272.920	-4266.800
0+068.00	2.00	-	115.918	-	237.543	6.120	4510.463	-4504.343
0+070.00	2.00	-	107.741	-	223.659	6.120	4734.122	-4728.002
Kilometre	Ara Uzaklık (m)	ALAN (m <sup>2</sup> )		HACİM (m <sup>3</sup> )		KÜMÜLATİF HACİM (m <sup>3</sup> )		BRÜKNER DEĞERİ
		YARMA	DOLMA	YARMA	DOLMA	YARMA	DOLMA	
0+072.00	2.00	-	97.139	-	179.722	6.120	4939.002	-4932.882
0+074.00	2.00	-	82.583	-	149.561	6.120	5118.724	-5112.604
0+076.00	2.00	-	66.978	0.000	123.115	6.120	5268.285	-5262.165
0+078.00	2.00	0.092	56.137	0.276	106.460	6.120	5391.400	-5385.280
0+080.00	2.00	0.184	50.323	0.448	87.307	6.396	5497.860	-5491.464
0+082.00	2.00	0.264	36.984	3.564	59.077	6.844	5585.167	-5578.323
0+084.00	2.00	3.300	22.093	7.536	37.525	10.408	5644.244	-5633.836
0+086.00	2.00	4.236	15.432	7.708	26.473	17.944	5681.769	-5663.825
0+088.00		3.472	11.041			25.652	5708.242	-5682.590

Figure 6. Volume Calculation in NetCAD Software.

### 3. Results

In the parking lot study area, when comparing excavation volume data from both methods, the excavation amount calculated from the difference between the first flight conducted before excavation with the UAV and the second flight thereafter was 7121 m<sup>3</sup>, while the amount calculated from data obtained using terrestrial measurement methods was 7007 m<sup>3</sup>. There is approximately a 114 m<sup>3</sup> difference between the values calculated by the two methods. The UAV results were found to be approximately 1.63% higher compared to the Electronic Distance Measurement. In the road study area, when comparing fill volume data from both methods, the fill amount calculated from the difference between the first flight conducted before filling with the UAV and the second flight thereafter was 5752m<sup>3</sup>, while the amount calculated from data obtained using terrestrial measurement methods was 5683 m<sup>3</sup>. There is approximately a 69 m<sup>3</sup> difference between the values calculated by the two methods. The UAV results were found to be on average 1.21% higher compared to the Electronic Distance Measurement (Table 1). It was determined that the values found as a result of both methods in the study areas were compatible with each other with an average of 98.58% in terms of accuracy.

Gülci and Kılınç (2018) evaluated soil pile volume measurements with UAVs and found a volume amount of 38.56 m<sup>3</sup>, noting a difference of 1.94 m<sup>3</sup> (98.95% agreement) with Total Station measurements. Ulvi (2018) compared UAV and Total Station volume data in his study and found that the values obtained from both methods were 99.33% consistent in terms of precision. The study shows similarities with both of these studies. In a study by Türk et al. (2022), they found a total excavation of 384 m<sup>3</sup> and a fill volume of 188 m<sup>3</sup> on a 100-meter forest road using UAVs. Türk and Canyurt (2024) used UAV systems to calculate the excavation slope volume of a 640-meter section of a forest road. The study resulted in UAV data indicating an excavation volume of 2189 m<sup>3</sup> and a fill volume of 4183 m<sup>3</sup>, whereas land survey results showed an excavation amount of 2080 m<sup>3</sup>. They also found a +5% difference between UAV data and land survey results. Additionally, Balaban (2024) monitored surface changes in a quarry for six months using UAVs, calculating the excavation amount as 104170 m<sup>3</sup> and the excavation area as 44348 m<sup>2</sup>. Such studies have demonstrated that UAVs can play a significant role in excavation and fill calculations.

**Table 1.** Material volume amounts in study areas.

Methods	UAV (A)	Total station (B)	Difference (A-B)	Mean Difference
Parking Lot Excavation Volume (m <sup>3</sup> )	7121	7007	114 (%1.63)	% 1.42
Road Fill Volume (m <sup>3</sup> )	5752	5683	69 (%1.21)	

#### 4. Conclusion

In this study, the material volume amount, which is crucial for determining excavation and fill costs, was calculated using UAV and terrestrial measurement methods, and the results from the two different methods were compared. Two UAV flights were conducted before and after the excavation at the parking lot of the Faculty of Sports Sciences and the fill work on the access road to the Environment and Health Specialization Laboratory at the Düzce University Konuralp Campus. Measurements were also taken using terrestrial measurement methods after each flight. The excavation area in question is approximately 1841 m<sup>2</sup>, and the fill area is 2759 m<sup>2</sup>.

There is an average difference of 1.42% between the UAV results and the terrestrial measurement methods involve a significant workload and are time-consuming in terms of land surveying for determining excavation and fill amounts. In addition, it should be taken into account that UAVs will be more advantageous in performing these works in places that cannot be walked in the field and that there is a high correlation between them and ground measurement in terms of accuracy. As an alternative to traditional methods for determining excavation quantities, this study demonstrates that UAVs can effectively determine material volume.

## References

- Anonymous, (1999). *19-21 May 1998 Western Black Sea Flood Causes, Necessary Measures and Suggestions. Scientific Committee Report*. TMMOB Chamber of Forest Engineers, Publication No. 22, p. 117, Ankara.
- Anonymous, (2002). *New Town New Life Düzce*. Düzce Governorship Press and Public Relations Directorate.
- Anonymous, (2024). Total station <https://www.sistemas.com.tr/haber?h=total-station>. Access: 20 Temmuz 2024,
- Akgul, M., Yurtseven, H., Gulci, S., & Akay, A. E. (2018). Evaluation of UAV-and GNSS Based DEMs for Earthwork Volume. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(4), 1893-1909.
- Akgul, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A.E., Gülci, S., & Öztürk, T. (2016). Usage opportunities of generating digital elevation model with unmanned aerial vehicles on forestry. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(1), 104-118.
- Balaban, B. (2024). Comparison of UAV-based methods for monitoring surface change in open-pit mining sites in forests: Düzce-Tatlıdere case. Düzce University, Institute of Graduate Studies, Department of Forest Engineering, Master's Thesis, Düzce.
- Erdin, K. (1992). *Photogrammetry*. İ.Ü. University Faculty of Forestry Publications İ.Ü. Publication No: 3674, O.F. Publication No. :421, Istanbul, ISBN 975-404-251-9.
- Eisenbeiss, H., & Sauerbier M. (2011). Investigation of UAV systems and flight modes for photogrammetric applications. *The Photogrammetric Record*, 26(136), 400–421.
- GH, (2024). Geomatik Hizmetler <https://geomatikhizmetler.com.tr/urunler/total-station/#:~:text=Total%20Station%2C%20harita%20ve%20m%C3%BChendislik,otomatik%20%C3%B6l%C3%A7%C3%BCm%20yapabilen%20bir%20cihazd%C4%B1r.Total%20Station>. Access: 02 December 2024.
- Gülci, S., Akgül, M., Akay, A. E., & Taş, İ. (2017). Using ready-to-use drone images in forestry activities: case study of Çınarınar in Kahramanmaraş, Türkiye, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-4/W6, 51–53.
- Gülci, S., & G. Kılınç, 2018: *Assessment of Drone-Assisted Soil Stockpile Volume Measurement*. International Academic Research Congress, 30 Oct-03 Nov. 2018.
- Gülci, S., Yurtseven, H., & Akgül, M. (2021). Assessment of pre-flight block planning for lowcost unmanned air vehicles. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(1), 114-126.
- İnan,



- İnan, M., & Öztürk, T. (2016). *Investigations of using the low cost close-range photogrammetry for forest roads conditions*. 6th Remote Sensing-Cbs Symposium (UZALCBS 2016), 5-7 October 2016, Adana. 254 - 258.
- Liang, H., Lee, S. C., Bae, W., Kim, J., & Seo, S. (2023). Towards UAVs in construction: advancements, challenges, and future directions for monitoring and inspection. *Drones*, 7(3), 202.
- Mitch, B., & Salah, S. (2009). Architecture for cooperative airborne simultaneous localization and mapping. *Journal Intelligent. Robotic System*, 55(4-5), 267-297.
- Luo, Y., Chen, J., Xi, W., Zhao, P., Qiao, X., Deng, X., & Liu, Q. (2016). Analysis of tunnel displacement accuracy with total station. *Measurement*, 83, 29-37.
- Netcad, (2024). Volume calculation from cross-sections  
<https://wiki.netcad.com.tr/display/HELP/EXCANET+%7C+Hacim+Hesapla#8613a9affba64c218bc5c193a2f55095>. TCK Method. Access: 03 December 2024.
- Osborn, J., Dell, M., Stone, C., Iqba, I., Lacey, M., Lucieer, A., & McCoull, C. (2017). *Photogrammetry for forest inventory*. Forest& Wood Products Australia. 86 .
- Özdemir, M. (2023). The use of data obtained in three dimensions with different devices in mining studies. *Journal of Scientific Reports-C*, 4, 14-32.
- Pehlivan, H. (2019). Robotic Total Station and Analysis of GNSS Measurements. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 12(2), 1018-1027.
- Scherer, M., & Lerma, J. L. (2009). From the conventional total station to the prospective image assisted photogrammetric scanning total station: Comprehensive review. *Journal of Surveying Engineering*, 135(4), 173-178.
- Seki, M., Tiryakioğlu, İ., & Uysal, M. (2017). Comparison of volumes done with different data collection methods. *Geomatik*, 2(2), 106-111.
- Shervais, K. (2015). Structure from Motion, Introductory Guide  
<https://www.unavco.org/education/resources/educational-resources/lesson/field-geodesy/module-materials/sfm-intro-guide.pdf>. Access: 27 July 2016.
- Tahar, K. N., Ahmad, A., & Akib, W. A. A. W. M. (2011, December). UAV-based stereo vision for photogrammetric survey in aerial terrain mapping. In 2011 *IEEE International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics (ICCAIE)*, 443-447. IEEE.
- Tercan, E. (2018). Use of unmanned aerial vehicles in roadway measurements: Okurcalar city center example. *Ömer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences*, 7(2), 649-660.

- Türk, Y., Canyonurt, H., Eker, R., & Aydın, A. (2022). Determination of forest road cut and fill volumes by using un-manned aerial vehicle: A case study in the Bolu-Taşlıyayla. *Turkish Journal of Forestry Research, Special Issue*, 97-104.
- Türk, Y., & Canyonurt, H. (2024). Capabilities of using UAVs to determine forest road excavation volumes in mountainous areas. *Sumarski List*, 148 (3-4), 137–150.
- Ulvi, A. (2018). Analysis of the utility of the unmanned aerial vehicle (UAV) in volume calculation by using photogrammetric techniques. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3(2), 43-49.
- Wallace, L., Lucieer, A., Malenovsky, Z., Turner, D., & Vopěnka, P. (2016). Assessment of forest structure using two UAV techniques: A comparison of airborne laser scanning and structure from motion (SfM) point clouds. *Forests*, 7(3), 62.
- Watts, A. C., Ambrosia, V. G., & Hinkley, E. A. (2012). Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: classification and considerations of use. *Remote Sensing*, 4(6), 1671-1692.
- Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., & Reynolds, J. M. (2012). Structure-from-Motion photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314.
- Xiang, H., & Tian, L. (2011). Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV). *Biosystems Engineering*, 108(2), 174–190.
- Yilmaz, H. M. (2010). Close range photogrammetry in volume computing. *Experimental Techniques*, 34, 48-54.

## Farklı Yükseltelerde Dağçayı (*Sideritis pisdica* Boiss. & Heldr.)'nın Uçucu Bileşenleri

### Volatile Compositions of Mountain Tea (*Sideritis pisdica* Boiss. & Heldr.) at Different Elevations

 Ayşegül TEKEŞ<sup>1</sup>,  Sermin GÖKSU KARAGÖZ<sup>2</sup>,  Serkan GÜLSOY<sup>1</sup>

#### Özet

Bu çalışmada, *Sideritis pisdica* Boiss. & Heldr.'nin alt ve üst yükseltelerden toplanan örneklerinin uçucu bileşenlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Uçucu bileşen analizi HS-SPME (Tepe Boşluğu – Katı Faz Mikro Ekstraksiyon) yöntemi kullanılarak, üç tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan örnekler, Afyonkarahisar ili Sultandağı Yöresi'nden toplanmıştır. Çalışma sonucunda iki farklı yükseltide toplamda 90 uçucu bileşen tespit edilmiş olup, bunların 55'i her iki yükseltide ortak bulunurken, 8'i sadece alt yükseltide, 27'si ise sadece üst yükseltide saptanmıştır. Ayrıca alt yükseltide %70.0 olarak bulunan uçucu bileşen yüzdesi, üst yükseltide %91.1'e çıktığı belirlenmiştir. Her iki yükseltide de trans-Caryophyllene ve trans-beta-Farnesene bileşenlerinin en yüksek ortalamaya sahip olduğu görülmüştür. Bitkinin uçucu bileşenleri ve oranlarındaki bu değişkenliğin çevresel koşullar (coğrafi konum, toprak özellikleri, nem, sıcaklık, yükselti vb.), fenolojik durumu (bitki büyüme aşaması), uçucu yağ çıkarmak için kullanılan bitki kısmı, materyal türü (taze veya kuru), uçucu yağ çıkarmak için kullanılan yöntem ve bitkinin toplama zamanı gibi birçok faktöre göre değişebileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Dağçayı, HS-SPME, *Sideritis pisdica*, Uçucu bileşen, Yükselti.

#### Abstract

In this study we aimed to examine the volatile components of *Sideritis pisdica* Boiss. & Heldr. samples collected from lower and higher elevations. The analysis of volatile components was performed using the Headspace Solid-Phase Microextraction (HS-SPME) method with three replicates. The samples used in this study were collected from the Sultandağı Region in Afyonkarahisar province. As a result of the study, a total of 90 volatile components were identified across the two elevations, 55 of which were common to both, while 8 were found only at the lower elevation and 27 only at the higher elevation. Additionally, the percentage of volatile components at the lower elevation was 70.0%, whereas at the higher elevation it increased to 91.1%. It was observed that trans-Caryophyllene and trans-beta-Farnesene had the highest mean concentrations at both elevations. The variability in the volatile components and their proportions could be attributed to several factors, including environmental conditions (geographical location, soil properties, humidity, temperature, elevation, etc.), the phenological stage of the plant (growth stage), the plant part used for volatile oil extraction, the type of material (fresh or dried), the method used for volatile oil extraction, and the collection time of the plant.

**Keywords:** Mountain tea, HS-SPME, *Sideritis pisdica*, Volatile components, Elevation.

## 1. Giriş

*Sideritis* cinsi, Ballıbabagiller (Lamiaceae) familyasına ait olup, dünya genelinde 150'den fazla tür ile temsil edilen önemli bir bitki grubudur (Aligiannis ve ark., 2001; Gonzales-Burgos ve ark., 2011). Bu cinsin türleri, yüksek endemizm oranı (%78) ile dikkat çektiği için Lamiaceae familyası içinde önemlidir (Sagdic ve ark., 2008). Türkiye florasında bu cinse ait 46 tür ve 55 takson bulunmakta olup, bu taksonlardan 42'si endemiktir (Davis, 1982; Güner ve ark., 2000). Türkiye *Sideritis* cinsinin 2 ana gen merkezinden biri olduğu için endemizm oranı %79.5'tir (Baser, 2002; Erbaş ve Fakir, 2012). *Sideritis* türleri, coğrafi olarak geniş bir dağılıma sahiptir; Kuzey yarım kürenin ılıman ve tropikal kuşağı (Chrysargyris ve ark., 2023) ile Bahamalar'dan Batı Çin'e, Almanya'dan Fas'a kadar uzanan bölgelerde yayılış göstermektedir. Ancak bu türlerin çoğunluğu Akdeniz Havzası ve Kanarya Adaları'ndan Kafkasya'ya kadar geniş bir alanda yoğunlaşmaktadır. *Sideritis* cinsinin en fazla çeşitlilik gösterdiği ülkeler arasında İspanya ve Türkiye öne çıkmaktadır. İspanya'da bu türler genellikle İber Yarımadası'nın güneydoğusu ve Kanarya Adaları'nda, Türkiye'de ise daha çok Marmara ve Ege bölgelerinde yayılış göstermektedir (Aslan ve ark., 2006; Gonzales-Burgos ve ark., 2011).

*Sideritis* türleri, tek yıllık veya çok yıllık otsu bitkiler ya da küçük çalı formunda büyüyen bitkilerden oluşmaktadır. Yaprakları genellikle dar yapılı olup, karşılıklı dizilim göstermekte, kenarları tam veya tırtıklı-dişli bir yapıda ve saplıdır. Çiçekleri, genellikle sarı renkli taç yapraklar şeklinde olmakla birlikte, nadiren beyaz veya kırmızı tonlarında da görülebilmektedir. Meyveleri yumurtamsı şekilde, uçları yuvarlak ve tüsüzdür (Davis, 1982). *Sideritis* türleri, güneş ışığını tercih eden ve kuraklığa karşı yüksek direnç gösteren bitkilerden oluşmaktadır (Gonzales-Burgos ve ark., 2011). *Sideritis* türleri, kayalık ve taşlık alanlarda, Toros sediri, karaçam ve Toros Gökmar'ı ormanlarında, *Berberis* ve ardıç çalılıklarında, subalpin ve makilik alanlarda yetişmektedir. Genellikle kireçtaşı anakayası üzerinde gelişim göstermekte olup, killi tınlı, killi toprak tipleri ve organik maddece zengin topraklarda daha iyi gelişim göstermektedir (Arslan ve ark., 2021).

*Sideritis* cinsinin adı, Yunanca "demir" anlamına gelen "sideros" kelimesinden türemiş olup, bu bitkilerin eski çağlarda demir silahların neden olduğu yaraların tedavisinde kullanılmasına dayanmaktadır (Gonzales-Burgos ve ark., 2011). Anadolu'da ise "dağ çayı" olarak bilinen *Sideritis* türleri, halk arasında hem çay yapımında hem de çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel tıpta bu türler, yara iyileştirici etkisiyle öne çıkarken, gastrit, mide ülseri, iltihap, yanık gibi pek çok hastalığın tedavisinde de önemli bir rol oynamaktadır (Baytop, 1999). Ayrıca sindirimi kolaylaştırıcı

ve antimikrobiyal özellikleri, *Sideritis* türlerinin halk hekimliğinde kullanımını daha da yaygın hale getirmektedir (Gonzalez-Burgos ve ark., 2011). Bitkinin toprak üstü kısımlarının kaynatılarak ya da infüzyon şeklinde hazırlanarak kullanılması, iltihap giderici, ülser önleyici, spazm giderici, antikonvülsan, ağrı kesici ve antimikrobiyal etkiler sağlamaktadır (Gonzales-Burgos ve ark., 2011). Örneğin, Köln'de Türk göçmenler üzerinde yapılan bir etnofarmakolojik çalışmada, *Sideritis congesta*, *Sideritis libanotica* ve *Sideritis pisidica* türlerinin yaprak ve çiçeklerinden hazırlanan infüzyon ya da kaynatmanın öksürük, hipertansiyon ve halk arasında "gözdeki kurt" olarak bilenen sendromun tedavisinde yaygın olarak kullanıldığı tespit edilmiştir (Pieroni ve ark., 2005).

*Sideritis* cinsinin, tıbbi ve ekonomik açıdan önemli olan, aynı zamanda endemik türlerinden biri olarak öne çıkan *Sideritis pisidica* Boiss. & Heldr., Türkiye'nin güneybatısında dağılım göstermekte olup Akdeniz iklimine uyum sağlayarak, özellikle Toros Dağları'nın, taşlık ve kayalık alanlarında doğal olarak yetişmektedir. *S. pisidica*, 800-1800 m arasındaki yükseltilerde bulunmakta olup, genellikle daha üst yükseltilerde yaygın bir şekilde gelişim göstermektedir. Morfolojik açıdan 30-60 cm yüksekliğe ulaşabilen bu bitkinin gövdesi gri-yeşil renkte olup, yoğun tüylerle kaplıdır. Yaprakları dar, uzun ve mızrak şeklindedir. *S. pisidica*'nın Haziran ve Ağustos ayları arasında sarı renkte çiçekleri açmakta ve bu çiçekler yoğun başaklar halinde toplanmaktadır. Yerel halk tarafından çay çalbası (Baytop, 1999), havaotu, dalhadaçayı (Gonzales-Burgos ve ark., 2011), eldiven çayı (Güner, 2012) gibi isimlerle bilinmektedir. *Sideritis* türlerinde terpenler, flavonoidler, uçucu yağlar, iridoidler, kumarinler, lignanlar ve steroller gibi birçok kimyasal bileşen tanımlanmıştır (Gonzales-Burgos ve ark., 2011; Erbaş ve Fakir, 2012; Ergun ve ark., 2016). Bu biyoaktif bileşenler, *Sideritis* türlerinin antioksidan ve antimikrobiyal etkilere sahip olmasını sağlayarak bitkinin hem geleneksel hem de modern tıpta kullanım potansiyelini artırmaktadır.

Bu türün uçucu bileşenlerine dair birçok araştırma gerçekleştirilmiştir (Krimer ve ark., 2000; Aligiannis ve ark., 2001; Özkan ve ark., 2005; Özel ve Kutlular, 2011; Ergun ve ark., 2016; Deveci ve ark., 2017; Çarıkçı ve ark., 2018). Ancak uçucu bileşenleri ve doğal habitat özellikleri arasındaki ilişkiye odaklanan sınırlı sayıda çalışma (Arslan ve ark., 2021) bulunmaktadır. Buradan hareketle bu çalışmada, *S. pisidica*'nın yapraklarında bulunan uçucu bileşenlerinin çevresel faktörlerden biri olan yükseltiye bağlı olarak nasıl farklılık gösterdiğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda iki farklı yükseltiden alınan bitki örnekleri, kimyasal bileşenler açısından analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Böylece önemli

bir ekolojik faktör olan yükseltinin, bu türün uçucu bileşenlerinin değerlendirilmesinde etkinliğinin artırılması hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma alanı ve bitki materyali

*S. pisidica* bitki örnekleri, 2022 yılının, Haziran ve Temmuz aylarında, Afyonkarahisar ilinin Sultandağı Yöresinde, iki farklı yükseltiden (1104-1480 m) toplanmıştır. Bitki materyali olarak türün toprak üstü kısımları (yaprak) alınmıştır (Çizelge 1). Toplanan örnekler zarar görmeyecek şekilde preslenerek laboratuvara getirilmiş olup, laboratuvara getirilen bitkiler, gölge ve havadar bir ortamda, oda sıcaklığında kurutulmuştur. Bitkilerin teşhisi Davis (1967)'e göre yapılmıştır. Kurutulan bitki örnekleri, analiz aşamasına kadar kuru ve serin bir ortamda muhafaza edilmiştir (Şekil 1). Bitkinin uçucu bileşen analizleri, Süleyman Demirel Üniversitesi–Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 1.** *Sideritis pisidica* türünün toplandığı koordinat ve yükselti bilgileri.

Örnek Alan No	Yükselti (m)	Enlem (X)	Boylam (Y)	Yükselti Grubu
1	1104	348774	4260702	Alt
2	1480	340616	4266908	Üst



**Şekil 1.** *Sideritis pisidica* türünün kurutulup analize gönderilmiş yaprak örneği.

### 2.2. Yöntem

HS-SPME (Tepe Boşluğu – Katı Faz Mikro Ekstraksiyon) yöntemi kullanılarak *S. pisidica* türünün uçucu bileşenleri analiz edilmiştir (Risticovic ve ark., 2010). Analizler, Shimadzu (Japan) GC-MS (Gaz Kromatografisi Kütle Spektroskopisi) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. 15 mL' lik SPME viallerine tartılan 1 gr *S. pisidica* silikon septa ile kapatılarak, ısıtıcıya yerleştirilip 60 °C'de 15 dakika boyunca bekletilerek bitki örneğinin dengeye ulaşması sağlanmıştır. 75 µm kalınlığındaki CAR/PDMS

(Karboksen/PolidimetilSiloksan) fiber, şişeye daldırıldıktan sonra ise 30 dakika beklenerek, tepe boşluğundaki uçucu aroma bileşenlerinin fibere absorbe edilmesi sağlanmıştır. Ardından fiber gaz kromatografi cihazının enjeksiyon bloğuna 5 dakika boyunca bekletilerek, absorbe edilen uçucu aroma bileşenleri desorbsiyonla kapiler kolona (Restek Rx-5 Sil MS 30 m x 0.25 mm, 0.25 µm) enjekte edilmiştir. Fırın sıcaklığı 40 °C'de 2 dakika bekledikten sonra dakikada 4 °C'lik artışla 250 °C'ye ulaşır, bu sıcaklıkta 5 dakika kalacak şekilde programlanmıştır. Enjektör ve dedektör (GCMS-QP2010 SE) sıcaklıkları 250 °C olarak ayarlanmıştır. İyonlaştırma türü olarak Elektron İyonizasyonu (EI, 70 eV) ve taşıyıcı gaz olarak Helyum (1.61 mL/dakika) kullanılmıştır. Uçucu bileşenlerinin tanımlanmasında Wiley, Nist, Tutor, FFNSC kütüphaneleri kullanılarak, sonuçlar örnek alan (%) olarak elde edilmiştir. Bu işlem üç tekrar olacak şekilde yinelenmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

*S. pisidica* türünün yapraklarından elde edilen uçucu bileşenler, iki farklı yükseltiye (alt-üst) göre analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, 90 bileşen (terpenler, aldehytler, alkoller, alkanlar, ketonlar, esterler, sülfürler, asitler ve diğerleri) tespit edilmiş ve bu bileşenlerin ortalama ile standart sapma değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 2). Bu 90 bileşenden 55 tanesi hem alt hem de üst yükseltide ortak olarak bulunurken, diğer bileşenler yükseltiye göre farklılık göstermiştir. Alt yükseltide toplam 63 bileşen tespit edilmiş olup, bu bileşenlerden 55'i üst yükselti ile ortak iken, 8'i sadece alt yükseltide görülmüştür. Üst yükseltide ise toplam 82 bileşen tespit edilmiş olup, bu bileşenlerden 27'si sadece üst yükseltide gözlenmiştir.

Alt yükseltide, en yüksek ortalamaya sahip beş ana bileşen sırasıyla trans-Caryophyllene (%27.75±0.470), trans-beta- Farnesene (%10.08±0.236), (E)-2-Hexenal (%5.90±0.193), alpha- Copaene (%5.51±0.033), alpha- Gurjunene (%5.32±0.112) olarak belirlenmiştir. Bu bileşenler üst yükseltideki ortalama değerleriyle karşılaştırıldığında trans-Caryophyllene (%27.27±0.205) ve trans-beta- Farnesene (%8.53±0.003) bileşenlerinin iki yükseltide de en yüksek ortalamaya sahip olduğu görülmüştür (Şekil 2). Alt yükseltide sırasıyla üçüncü, dördüncü ve beşinci olan (E)-2-Hexenal (%0.37±0.033), alpha- Copaene (%1.31±0.035) ve alpha- Gurjunene (%0.74±0.057) bileşenleri, üst yükseltide sırasıyla 41, 13, ve 23. sıraya gerilemiştir.

Üst yükseltide, en yüksek ortalamaya sahip beş ana bileşen sırasıyla trans-Caryophyllene (%27.27±0.205), trans-beta- Farnesene (%8.53±0.003), Germacrene D (%6.34±0.236), Bicyclogermacrene (%5.05±0.001) ve beta- Myrcene (%4.45±0.241)

olmuştur. Bu bileşenlerden trans-Caryophyllene ve trans-beta- Farnesene, alt yükselti ile benzer oranlarda ve ilk iki bileşenini oluşturmakta (Şekil 2), Germacrene D (%3.52±0.039) alt yükseltide 9. sıraya, Bicyclogermacrene (%1.97±0.008) alt yükseltide 12. sıraya ve beta-Myrcene (%0.38±0.035) alt yükseltide 36. sıraya gerilemiştir (Çizelge 2).

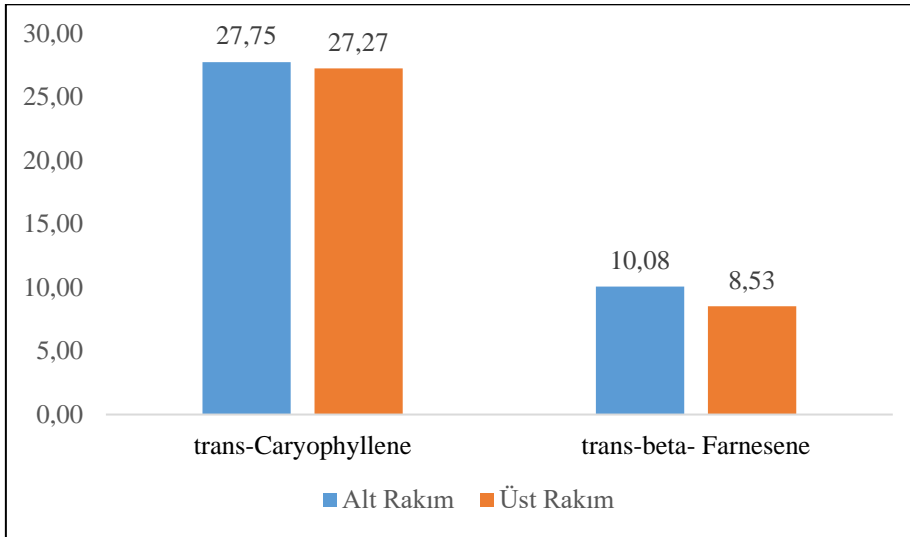
**Çizelge 2.** *Sideritis pisidica* türünün uçucu bileşen analiz bulguları.

Sayı	Rt	Bileşenler	Alt Yükselti Ort(%)/ Standart sapma	Üst Yükselti Ort(%)/ Standart sapma
1	26,820	trans-Caryophyllene	27.75±0.470	27.27±0.205
2	27,875	trans-beta- Farnesene	10.08±0.236	8.53±0.003
3	6,064	(E)-2-Hexenal	5.90±0.193	0.37±0.033
4	25,263	alpha- Copaene	5.51±0.033	1.31±0.035
5	26,342	alpha- Gurjunene	5.32±0.112	0.74±0.057
6	29,961	delta- Cadinene	4.88±0.165	1.31±0.042
7	25,740	beta- Elemene	4.11±0.027	0.97±0.002
8	8,703	alpha- Pinene	3.81±0.496	3.96±0.178
9	28,776	Germacrene D	3.52±0.039	6.34±0.236
10	12,361	Limonene	2.74±0.169	3.59±0.060
11	31,938	Caryophyllene oxide	2.30±0.008	0.89±0.070
12	29,260	Bicyclogermacrene	1.97±0.008	5.05±0.001
13	10,330	beta- Pinene	1.75±0.194	3.79±0.064
14	29,113	Viridiflorene	1.41±0.064	1.27±0.144
15	9,143	Allylbenzene	1.37±0.023	0.52±0.033
16	16,143	alpha- Campholenal	1.17±0.044	0.68±0.009
17	22,391	Thymol	0.90±0.041	1.66±0.102
18	9,775	Benzaldehyde	0.85±0.341	0.27±0.075
19	28,069	Alloaromadendrene	0.79±0.011	0.37±0.003
20	18,752	Myrtenal	0.75±0.091	1.12±0.010
21	28,485	gamma- Gurjunene	0.70±0.043	0.15±0.015
22	29,018	beta- Selinene	0.63±0.074	0.14±0.078
23	28,576	gamma- Muurolene	0.63±0.038	0.68±0.012
24	19,214	Verbenone	0.60±0.122	1.16±0.002
25	12,174	p-Cymene	0.59±0.030	1.22±0.083
26	4,580	Hexanal	0.49±0.052	0.27±0.020
27	6,608	Hexanol	0.48±0.099	-
28	17,490	Pinocarvone	0.48±0.012	0.69±0.022
29	29,789	gamma- Cadinene	0.48±0.112	0.56±0.013
30	9,441	Verbenene	0.47±0.016	0.44±0.000
31	24,993	Cyclosativene	0.45±0.045	-
32	27,369	Aromadendrene	0.44±0.054	1.44±0.011
33	10,570	1-Octen-3-ol	0.43±0.354	0.06±0.007
34	12,683	cis-Ocimene	0.42±0.039	1.88±0.109
35	29,625	beta- Bisabolene	0.38±0.005	0.31±0.002



36	10,877	beta- Myrcene	0.38±0.035	4.45±0.241
37	27,009	10,10-Dimethyl-2,6-dimethylenebicyclo[7.2.0]undecane	0.36±0.044	0.25±0.031
38	22,682	Carvacrol	0.35±0.001	2.54±0.104
39	24,274	alpha- Cubebene	0.34±0.082	0.31±0.006
40	25,895	Dihydroionone <beta->	0.28±0.005	0.18±0.013
41	10,720	6-Methyl-5-hepten-2-one	0.27±0.093	0.05±0.008
42	2,676	Pentanal	0.25±0.006	0.18±0.017
43	27,707	(+) Alloaromadendrene	0.23±0.033	0.25±0.007
44	29,325	alpha- Muurolene	0.22±0.041	-
45	28,138	(+)-Epi-bicyclosesquiphellandrene	0.21±0.008	0.25±0.001
46	31,785	Spathulenol	0.21±0.000	0.57±0.025
47	15,360	Nonanal	0.20±0.010	0.15±0.003
48	12,924	Benzeneacetaldehyde (CAS) Hyacinthin	0.19±0.064	-
49	8,461	alpha- Thujene	0.19±0.016	0.12±0.018
50	27,597	delta- Guaiene	0.18±0.007	0.34±0.022
51	10,176	Sabinene	0.17±0.001	0.17±0.035
52	12,470	Eucalyptol (1,8-Cineole)	0.16±0.023	0.08±0.019
53	30,055	1S,cis-Calamene	0.15±0.007	-
54	13,501	gamma- Terpinene	0.14±0.016	1.01±0.021
55	30,525	alpha.-Muurolene(-)	0.14±0.025	0.20±0.007
56	13,985	trans-Sabinene hydrate	0.13±0.011	0.12±0.001
57	30,380	Cadina-1,4-diene	0.12±0.023	0.11±0.001
58	30,663	alpha- Calacorene	0.12±0.019	0.09±0.004
59	1,495	Dimethyl sulfide	0.11±0.012	0.07±0.000
60	1,618	2-Methylpropenal	0.10±0.045	-
61	2,308	2-Methylbutanal	0.08±0.022	-
62	2,220	3-Methylbutanal	0.08±0.010	-
63	1,432	2-Propanone & Acetone	0.06±0.002	0.07±0.001
64	1,803	Acetic acid	-	0.46±0.073
65	7,649	Heptanal	-	0.11±0.003
66	11,449	Phellandrene <alpha->	-	0.48±0.094
67	11,549	DELTA.3-Carene	-	0.18±0.031
68	11,875	alpha- Terpinene	-	1.26±0.016
69	13,085	trans- beta- Ocimene	-	0.35±0.052
70	14,562	alpha- Terpinolen	-	0.55±0.004
71	14,745	Dimethylstyrene <alpha-para->	-	0.20±0.006
72	15,182	Linalool	-	0.36±0.019
73	15,290	Butyrate <2-methyl-, 3-methylbutyl->	-	0.06±0.002
74	16,256	Alloocimene	-	0.11±0.015
75	16,562	Norinone	-	0.18±0.004
76	16,684	Pinocarveol	-	0.70±0.023
77	16,917	Verbenol	-	0.19±0.027
78	20,123	Butanoate <2-methyl-, 3(Z)-hexenyl-, cis->	-	0.26±0.014
79	20,310	Hexyl 2-methylbutyrate	-	0.09±0.007

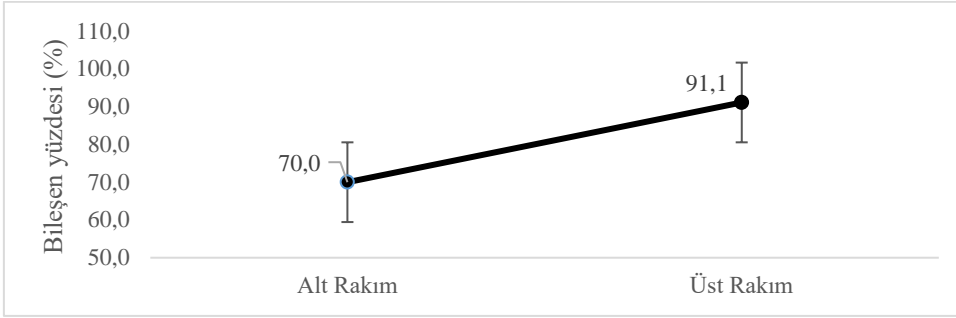
80	20,403	Ascaridole	-	0.15±0.033
81	20,588	Carvone	-	0.20±0.003
82	22,050	Bornyl acetate	-	0.44±0.010
83	23,751	Bicycloelemene	-	0.54±0.001
84	25,373	Linalyl acetate	-	0.46±0.000
85	25,529	beta- Bourbonene	-	0.57±0.023
86	25,610	Benzyl isovalerate	-	0.15±0.010
87	27,084	beta- Cubebene	-	0.29±0.004
88	27,225	Selina-3,7(11)-diene	-	0.24±0.015
89	28,664	beta- Himachalene	-	0.48±0.210
90	29,679	alpha- Cedrene	-	0.33±0.000
<b>Toplam</b>			<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Kimyasal Grup (%)</b>				
Terpenler			86.72	93.41
Aldehitler			10.08	3.20
Diğerleri			1.37	0.72
Alkoller			0.91	0.06
Alkanlar			0.36	0.25
Ketonlar			0.33	0.31
Esterler			0.13	1.52
Sülfürler			0.11	0.07
Asitler			0.00	0.45
<b>Toplam</b>			<b>100.00</b>	<b>100.00</b>



**Şekil 2.** *Sideritis pisidica* türünün alt ve üst yükseltide en yüksek ortalamaya sahip ana uçucu bileşenleri.

*S. pisidica*'nın tespit edilen uçucu bileşenlerinin alt ve üst yükseltiye göre yüzdesel (%) dağılımı Şekil 3'te sunulmuştur. Buna göre, alt yükseltide uçucu bileşenler %70.0 iken, üst yükseltide bu oran %91.1'e yükselmiştir. Elde edilen sonuçlar, yükseltinin uçucu bileşenlerin yüzdesel dağılımı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Özellikle üst yükseltide tespit edilen uçucu bileşen sayısının daha fazla olduğu gözlemlenmiş olup, yükseltinin artışıyla birlikte uçucu bileşen sayısında artış yaşandığı belirlenmiştir.



**Şekil 3.** *Sideritis pisdica* türünün yaprak örneğinde tespit edilen uçucu bileşen sayısının yükseltiye göre yüzdesel (%) dağılımı.

Çalışma kapsamında *S. pisdica*'nın uçucu bileşenlerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bunun sonucunda literatürde yer alan bazı bileşenlerle benzerlik gösterirken, bazı bileşenlerle farklılıklar gözlenmiştir. Örneğin; Krimer ve ark., 2004 tarafından yapılan çalışmada, *S. pisdica*'nın ana bileşenleri olarak  $\beta$ -pinene (%13-15),  $\alpha$ -pinene (%5-10),  $\beta$ -caryophyllene (%14) tespit edilmiştir.

Özkan ve ark. (2005) tarafından Isparta ilinden toplanan *S. pisdica* örneklerinde, en yüksek orana sahip bileşenler olarak  $\alpha$ -bisabolol (%30.2), sabinene (%10.6),  $\alpha$ -pinene (%9.3) ve  $\beta$ -caryophyllene (%7.3) tespit edilmiştir.

Özel ve Kutlular (2011) tarafından Denizli, Fethiye, Korkuteli ve Gündoğmuş bölgelerinden toplanan *S. pisdica* örneklerinde, ana bileşenler olarak eugenol (%4.95-34.37), thymol (%4.34-25.83),  $\beta$ -pinene (3.26-23.95), camphor (% 10.96-23.46) ve  $\alpha$ -pinene (% 1.92-22.30) belirlenmiştir.

Ergun ve ark. (2016) tarafından Konya-Dedegöl Dağları'nda yapılan çalışmada, *S. pisdica* örneklerinde yaprak, gövde ve çiçeklerinden elde edilen uçucu bileşenler karşılaştırılmış ve en fazla bulunan bileşenlerin  $\alpha$ -pinene, sabinene ve  $\beta$ -caryophyllene olduğu belirlenmiştir. Yapraklardan elde edilen 38 bileşen ve arasında en yüksek oranda  $\alpha$ -pinene (%32.95), sabinene (%15.43),  $\beta$ -pinene (%6.66) ve  $\beta$ -caryophyllene (%6.12) tespit edilmiştir.

Deveci ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada, *S. pisdica* bitkisinin uçucu bileşen analizi sonucunda 31 bileşen tanımlanmış olup, en yüksek oranda tespit edilen bileşenleri sırasıyla  $\delta$ -cadinene (%19.5), T-cadinol (%16.7) ve  $\beta$ -cubebene (%10.4) olarak belirlenmiştir.

Çarıkcı ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada, *S. pisidica* bitkisi için ana bileşenler olarak  $\beta$ -caryophyllene (%32.8), Germacrene D (%10.7) ve (E)- $\beta$ -Farnesene (%10.0) tespit edilmiştir.

Arslan ve ark. (2021) tarafından Türkiye'nin 19 farklı lokasyonundan toplanan *S. pisidica* örneklerinde, 6'sı ana bileşen olmak üzere toplamda 188 uçucu bileşen tespit edilmiştir. Bunlar  $\alpha$ -pinene (%0-27.8), sabinene (%0-17.6),  $\beta$ -pinene (%0-14.1), myrcene (%0-13.8),  $\beta$ -caryophyllene (%0-40.3), Germacrene D (%0-16.9),  $\alpha$ -bisabolol (%0-20.9), caryophyllene oxide (%0-13.3), caryophyllenol II (%0-22.9), 2-keto-manoyloxide (%0-25.8), diterpene-IV (%0-33.1), hexadecanoic acid (%5'ten fazla), linalool (%0-7.3), cryptone (%7.4) bileşenleridir.

Literatürdeki çalışmalar ile yapılan bu çalışma arasında benzerlikler ve farklılıklar tespit edilmiştir. Bazı çalışmalarda belirlenen bileşenler, bu çalışma ile örtüşmekte ancak oranları farklılık göstermekte ( $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, sabinene, thymol,  $\alpha$ -copaene, limonene,  $\alpha$ -Gurjunene,  $\delta$ -cadinene,  $\beta$ -cubebene, Germacrene D, caryophyllene oxide ve linalool), bazı çalışmalarda ise bileşenler farklılık göstermektedir. Bu farklılıkların, yükselti, coğrafi konum, iklim özellikleri, genetik varyasyonlar, bitkinin toplama zamanı ve farklı kısımlarının incelenmesi gibi çevresel faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Kirimer ve ark., 2001; Özel ve Kutlular, 2011; Ergun ve ark., 2016; Gülsoy ve Çıvğa, 2016; Çarıkcı ve ark., 2018; Arslan ve ark., 2021; Gülsoy ve ark., 2022).

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, *S. pisidica*'nın alt ve üst yükseltilerden toplanan yaprak örneklerindeki uçucu bileşen profilleri incelenmiş ve yükseltinin bu bileşenlerin üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular ile literatürdeki çalışmalar arasında belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu farklılıkların birçok faktöre bağlı olabileceği düşünülmektedir. Çünkü uçucu bileşenlerin kimyasal kompozisyonu, çevresel koşullar (coğrafi konum, toprak özellikleri, nem, sıcaklık, yükselti vb.), bitkinin kökeni (ekili veya yabani popülasyonlardan toplanması), uygulanan yetiştirme uygulamaları (organik, konvansiyonel, sulama rejimi, vb.), fenolojik durumu (bitki büyüme aşaması), uçucu yağ çıkarmak için kullanılan bitki kısmı, materyal türü (taze veya kuru) ve uçucu yağ çıkarmak için kullanılan yöntemler gibi çeşitli faktörlerden büyük ölçüde etkilenmektedir (Chrysargyris ve ark., 2023). Özellikle coğrafi konum ve yükseltinin uçucu bileşenler üzerinde önemli bir rol oynadığı literatürdeki çalışmalarla da desteklenmiştir. Örneğin, Özel ve Kutlular (2011) ile Ergun ve ark. (2016), aynı tür bitkilerin farklı lokasyon ve

yükseltilerden toplandığında kimyasal içeriklerinde büyük ölçüde değişiklikler gözlemlendiğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda ortaya çıkan farklılıklarda, bu değişikliklerin farklı yükseltilerden toplanan örneklerin kimyasal içerikleri üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bitkilerin toplandığı mevsim ve toplama zamanının da uçucu bileşenlerin kompozisyonunu etkilediği literatürde belirtilmektedir (Çarıkçı ve ark., 2018).

Bitkilerin farklı büyüme evrelerinde ve yılın farklı zamanlarında toplanması, kimyasal içerikte önemli değişikliklere neden olabilir. Örneğin, Kirimer ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışmada, aynı lokasyondan farklı zamanlarda toplanan üç *Sideritis ozturkii* bitki örneğinde  $\alpha$ -pinen (%31.1, %16.0 ve %6.2) ve  $\beta$ -pinen (%20.2, %14.2 ve %7.3) ana bileşenlerin oranlarının kendi arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bulgular, toplama zamanı ve çevresel koşulların uçucu bileşen kompozisyonu üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra, bir diğer önemli faktör bitkinin farklı kısımlarının incelenmiş olmasıdır. Ergun ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, bitkinin yaprak, gövde ve çiçek gibi farklı kısımlarından elde edilen uçucu bileşenlerin kompozisyonlarının birbirinden farklı olabileceği ortaya koyulmuştur. Bu çalışma kapsamında ise bitkinin sadece yaprakları analiz edilirken, diğer çalışmalarda bitkinin tüm kısımlarının incelenmesi, bileşenlerin dağılımındaki farklılıkların bir başka nedeni olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna ek olarak, iklim koşulları (kuraklık stresi, güneşlenme süresi vb.), genetik varyasyonlar ve kemotipler uçucu bileşenlerin çeşitliliğini etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır (Arslan ve ark., 2021).

Sonuç olarak, tüm bu etmenler göz önünde bulundurulduğunda, literatürdeki bulgular ile bu çalışma arasındaki farklılıkların yükselti, coğrafi konum, bakı, toprak özellikleri, toplama zamanı, bitkinin farklı kısımlarının incelenmesi, iklim koşulları ve genetik varyasyonlar gibi çok boyutlu faktörlerden kaynaklandığı sonucuna ulaşmak mümkündür. Ayrıca *S. pisidica*'nın uçucu bileşenlerinin, yükseltiye bağlı olarak anlamlı farklılıklar gösterebileceğini ortaya koymakta ve bu türün uçucu bileşenlerinin çevresel faktörlerden yükselti ile ilişkisinin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

### **Teşekkür**

Yazarlar, bu çalışmada kullanılan bitki örneklerinin teşhisini yapan Dr. Münevver ARSLAN'a (Eskişehir Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü) teşekkürlerini sunar.

## Kaynaklar

- Aliyiannis, N., Kalpoutzakis, E., Chinou, I. B., Mitakou, S., Gikas, E., & Tsarbopoulos, A. (2001). Composition and antimicrobial activity of the essential oils of five taxa of *Sideritis* from Greece. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 811-815.
- Arslan, M., Özek, G., & Özek, T. (2021). Essential Oil Compositions and Site Characteristics of *Sideritis pisidica* in Natural Habitat. *Contemporary Problems Of Ecology*, 14(6), 675-689.
- Aslan, İ., Kılıç, T., Gören, A. C., & Topçu, G. (2006). Toxicity of acetone extract of *Sideritis trojana* and 7-epicandicandiol, 7-epicandicandiol diacetate and 18-acetylsideroxol against stored pests *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Sitophilus granarius* (L.) and *Ephestia kuehniella* (Zell.). *Industrial crops and products*, 23(2), 171-176.
- Baser, K. H. C. (2002). Aromatic biodiversity among the flowering plant taxa of Turkey. *Pure and Applied Chemistry*, 74(4), 527-545.
- Baytop, T. (1999). *Türkiye'de bitkiler ile tedavi: geçmişte ve bugün*. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Chrysargyris, A., Tomou, E. M., Goula, K., Dimakopoulou, K., Tzortzakis, N., & Skaltsa, H. (2023). *Sideritis* L. essential oils: A systematic review. *Phytochemistry*, 209, 113607.
- Çarıkçı, S., Özer, Z., Dereli, S., Açar, D., Gören, A. C., & Kılıç, T. (2018). Türkiye'ye Endemik Beş *Sideritis* Türünün Uçucu Yağ Bileşimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 301-305.
- Davis, P.H. (1967). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburg University Press, Vol: 2, Edinburg, s. 400.
- Davis, P.H., (1982). *Flora of Turkey and East Eagean Island*, 7, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Deveci E, Tel-Çayan G, Yıldırım H, Duru ME. (2017). Chemical composition, antioxidant, anticholinesterase and anti-urease activities of *Sideritis pisidica* Boiss. & Heldr. endemic to Turkey. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 21(4), 898-905.
- Erbaş, S., & Fakir, H. (2012). Türkiye'nin Batı Akdeniz Yöresinde doğal olarak yetişen dağ çayı (*Sideritis libanotica* Labill. subsp. *linearis* (Bentham) Bornm) ve bayır kekiği (*Origanum sipyleum* L.) türlerinin uçucu yağ oranları ve bileşenlerinin belirlenmesi. *SDÜ Faculty of Forestry Journal*, 13, 119-122.
- Ergun, M., Ergun, N., & Ozbay, N. (2016). Analysis of volatile constituents of *Sideritis pisidica* Boiss. & Heldr. *Z Arznei Gewurzpla*, 21, 68-72.

- González-Burgos, E., Carretero, M. E., & Gómez-Serranillos, M. P. (2011). *Sideritis* spp.: Uses, chemical composition and pharmacological activities—A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 135(2), 209-225.
- Gülsoy, S. Özkan, K., and Özkan, G. 2022. Effect of environmental factors on the fruit essential oils of *Pistacia terebinthus* L. growing wild in Turkey. *Cerne*, 28, e102994.
- Gülsoy, S., & Çıvğa, A. (2016). Diken ardıç (*Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*) kozalaklarının uçucu yağ özellikleri ve çevresel faktörlerle ilişkileri. *Turkish Journal of Forestry*, 17(2), 142-152.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Başer, K. H. C. (2000). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, Volume 11, Edinburgh.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. ve Babaç, M.T. (edlr.), (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.
- Kirimer, N., Baser, K. H. C., Demirci, B., & Duman, H. (2004). Essential oils of *Sideritis* species of Turkey belonging to the section *Empedoclia*. *Chemistry of Natural Compounds*, 40, 19-23.
- Kirimer, N., Tabanca, N., Özek, T., Tümen, G., & Baser, K. H. C. (2000). Essential oils of annual *Sideritis* species growing in Turkey. *Pharmaceutical Biology*, 38(2), 106-111.
- Özel, M. Z., & Kutlular, O. (2011). Regional changes in the chemical composition of essential oils of *Salvia fruticosa* and *Sideritis pisidica* using superheated water extraction. *Analytical Chemistry Letters*, 1(1), 34-42.
- Özkan, G., Krüger, H., Schulz, H., & Özcan, M. (2005). Essential oil composition of three *Sideritis* species used as herbal teas in Turkey. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 8(2), 173-177.
- Pieroni, A., Muenz, H., Akbulut, M., Başer, K. H. C., & Durmuşkahya, C. (2005). Traditional phytotherapy and trans-cultural pharmacy among Turkish migrants living in Cologne, Germany. *Journal of Ethnopharmacology*, 102(1), 69-88.
- Risticovic S, Lord H, Gorecki T, Arthur CL, & Pawliszyn J (2010). Protocol for solid-phase microextraction method development. *Nat Protoc.*, 5, 122–139.
- Sagdic, O., Aksoy, A., Ozkan, G., Ekici, L., & Albayrak, S. (2008). Biological activities of the extracts of two endemic *Sideritis* species in Turkey. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(1), 80-84.

## Kuraklığın Ebegümece (*Malva sylvestris* L.) Bitkisinin Su Durumu, Büyümesi ve Antioksidan Sistem Üzerine Etkisi

### Effect of Drought on Water Status, Growth and Antioxidant System of Mallow (*Malva sylvestris* L.)

 Seda ŞAHİN<sup>1</sup>,  Hülya TORUN<sup>2</sup>

#### Özet

Ebegümece (*Malva sylvestris* L.), Malvaceae familyasına üye, çiçekleri mor çizgili pembe renkli, tıbbi aromatik bir bitki olup gıda ve sağlık alanlarında oldukça yaygın kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, kuraklık stresinin ebegümece bitkisinin büyümesi, su içeriği ve antioksidan savunma sistemi enzimleri üzerine etkilerini incelemektir. Bu doğrultuda, 21 gün kuraklığa maruz bırakılan bitkinin yapraklarında nisbi büyüme, osmotik potansiyel, nisbi su içeriği, lipid peroksidasyonu, hidrojen peroksit içeriği ile süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POX), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) antioksidan enzim aktiviteleri ölçülmüştür. Kuraklık stresi altındaki bitkilerle stres uygulaması olmayan bitkiler kıyaslandığında, büyüme oranı, nisbi su içeriği, osmotik potansiyel önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca, lipid peroksidasyonu ve hidrojen peroksit miktarları kuraklık uygulaması ile artmıştır. Bitkinin savunma sistemi kuraklık stresi altında uyarılmış ve SOD, POX, CAT, APX ve GR aktivitelerinde artış kaydedilmiştir. Bu çalışmada, kuraklık stresine maruz kalan ebegümece antioksidan savunma sisteminin etkinliği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Antioksidan enzimler, Ebegümece, Kuraklık stresi, *Malva sylvestris*.

#### Abstract

Mallow (*Malva sylvestris* L.) is a member of the Malvaceae family, a medicinal aromatic plant with pink flowers with purple stripes and is widely used in food and health fields. The aim of this study was to investigate the effects of drought stress on growth, water content and antioxidant defence system enzymes of mallow. Accordingly, relative Growth rate, osmotic potential, relative water content, lipid peroxidation, hydrogen peroxide content and antioxidant enzyme activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POX), catalase (CAT), ascorbate peroxidase (APX) and glutathione reductase (GR) were measured in the leaves of plants exposed to drought for 21 days. When plants under drought stress were compared with non-stressed plants, growth rate, relative water content and osmotic potential were significantly decreased. In addition, lipid peroxidation and hydrogen peroxide levels increased with drought stress. Plant defence system was stimulated under drought stress and SOD, POX, CAT, APX and GR activities were increased. In this study, the efficiency of antioxidant defence system in mallow exposed to drought stress was determined.

**Keywords:** Antioxidant enzymes, Drought stress, Mallow, *Malva sylvestris*.





## 1. Giriş

Tarım, evrensel boyutta su tüketiminin en yoğun olduğu alandır ve UNESCO (2022) raporlarına göre suyun daha etkin kullanılması için etkili kullanım mekanizmalarının oluşması gerekmektedir. Artan nüfus ve değişen beslenme alışkanlıkları nedeniyle tarımsal faaliyetlere olan talep ivmelenirken su kullanımda da artış meydana gelmektedir (Fukase ve Martin, 2020). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) raporunda da belirtildiği üzere, iklim değişikliği gıda güvenliğine yönelik riskleri artırmaktadır. Açlık ve yetersiz beslenme ile mücadele etmek üzere geliştirilen tarımsal faaliyetlerdeki ilerleme, iklim değişikliği ile tersine çevrilebilecek boyuta ulaşabilecektir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) tahminlerine göre, nüfus artışı ile doğru orantılı olarak artan talebi karşılayabilmek adına tarımsal faaliyetlerde 2050 yılında ortalama %60 artış beklenmekte olup bu durum iklim değişikliği ile tehdit altındadır (Gitz ve ark., 2016). İklim değişikliği etkileri ile dünyanın birçok yerinde yağış rejiminin düşmesi, sıcaklıkların artması ve değişen hava koşulları ile suyun mevcudiyeti önemli oranda düşerek su sorunu meydana gelmektedir (Greve ve ark., 2014 ; Xiao ve ark., 2020). Dolayısıyla sesil doğaları gereği yaşamları boyunca sıklıkla su eksikliği ile yaşamak zorunda olan bitkiler (Abdalla ve ark., 2022) iklim değişikliğiyle de su kıtlığı ile karşı karşıya kalmaktadır.

Bitkilerin yaşadıkları çevrede karşılaştıkları olumsuzluklar ile verimi sınırlayan eş ya da ayrı zamanlı faktörler bitkilerin strese girmesine neden olmaktadır (Zhang ve ark., 2020; Nawaz ve ark., 2023). Stres, bitki hücresindeki yapısal ya da metabolik faaliyetleri olumsuz etkileyerek bitkilerin zorlu koşullara uyum sağlamaması söz konusu olduğunda ölüme de neden olabilmektedir. Bitkinin strese karşı verdiği tepki, stres faktörünün süresi, şiddeti ve stres ile mücadele yeteneği beraberindeki genetik özelliklerine bağlıdır (Hideg ve ark., 2013). Küresel boyutta bitki büyümesini ve gelişimini en çok etkileyen abiyotik stres türü kuraklıktır (Ramakrishna ve Ravishankar, 2011). Az ya da hiç yağış görülmemesi ile kendini gösteren meteorolojik bir terim olan kuraklık, iklimle ilgili en çok karşılaşılan stres faktörü olarak kabul edilmektedir (Raza, ve ark., 2019; Rojas, 2020). Yaprak su potansiyelinin azalması, turgor basıncının düşmesi, stomaların kapanması ve hücre gelişiminin sekteye uğraması kuraklık stresinin bitkide neden olduğu durumlardır (Osakabe ve ark., 2014). Ayrıca, su kıtlığı bitkide klorofil miktarını azaltıp iyon taşınım mekanizmasını bozarak fotosentez ve solunum gibi metabolik olayları olumsuz etkileyip fizyolojik ve biyokimyasal olayları sekteye uğratmaktadır (Hussain ve ark., 2018). Stomalarda iletkenlik bozularak fotosentetik aygıt, karbon döngüsü ve elektron taşınımı sekteye uğramaktadır (Hura ve ark.,

2022). Ayrıca, kuraklık stresi reaktif oksijen türlerinin üretilmesine neden olarak antioksidan savunma sisteminde dengesizliğe yol açmaktadır (Hasanuzzaman ve Fujita, 2022).

Ebegümeçi (*Malva sylvestris* L.) Malvaceae familyasına üye çiçekli bir bitkidir (Mustafa ve Ali, 2011). Çiçekleri mor çizgili pembe olan ve yaprakları kalp şeklini andıran 5 ile 7 loblu ebegümeçi bitkisi fitokimyasal açıdan zengin bileşik kaynağıdır (Sabir ve Rocha 2008; Tabaraki ve ark., 2012). Bu özelliğinden dolayı gıda ve tıp alanlarında kullanılmaktadır (Tabaraki ve ark., 2012). Diyabet ve otoimmün bozukluk gibi çeşitli hastalıkların tedavisinde tıbbi olarak kullanılmasının yanı sıra geleneksel olarak da öksürük, dizanteri, hipertansiyon ve cilt hastalıklarında tedavi amaçlı kullanılmaktadır (Marouane ve ark., 2011; Akash ve ark., 2012, 2013; Razavi ve ark., 2011). Tedavi amaçlı doğal yöntemlerin çok kez tercih edildiği bilindiğinden tıbbi aromatik bir bitki olan ebegümeçinin kuraklık stresine toleransının belirlenmesi ve yetiştirme koşullarının incelenmesi önem arz etmektedir (Newman ve Cragg, 2016).

Bu çalışmada, geniş yayılış alanına sahip, tıpta kullanımı yoğun, aynı zamanda süs bitkisi olarak kullanılan ve ekonomik değeri giderek artmakta olan ebegümeçi bitkisinin kuraklık stresi altındaki fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerini tespit etmek amaçlanmıştır. Kuraklık stresi altında yetişen ebegümeçi bitkisi ile literatürde yer alan çalışmaların kısıtlı olmasından dolayı bu çalışmada kuraklık stresinin ebegümeçi yapraklarında nisbi büyüme oranı, osmotik potansiyel, nisbi su içeriği, lipid peroksidasyonu ve hidrojen peroksit içeriği ve antioksidan enzim aktiviteleri belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Bitki Materyali ve Yetiştirme Koşulları

Bu çalışma kontrollü sera koşullarında (27/22°C, gece/gündüz, 16/8 saat; %70 bağıl nem) gerçekleştirilmiştir. Ebegümeçi (*Malva sylvestris* L.) tohumları doğadan elde edilmiş ve saf su ile yıkanarak kirden arındırıldıktan sonra sodyum hipoklorit ile 15 dk dezenfekte edilerek ardından saf su ile iyice yıkanmıştır. Sterilizasyon işleminin ardından tohumlar 1:1:1 oranında torf:perlit:kum içeren 16 cm'lik saksılara ekilmiştir. Bu şekilde 3 ay boyunca bitkiler yetiştirilmiş ve sonrasında kuraklık uygulaması başlatılmıştır. Kontrol bitkilerine üç günde bir sulama yapılırken, sulama işlemi yapılmayan bitkiler kuraklık stresli grup olarak belirlenmiştir. Normal sulanan ve sulama yapılmayan bitkiler 3 hafta sonunda yaprak boyları ölçülerek hasat edilmiştir. Hasat sonrası yapraklar sıvı azottan geçirilerek diğer analizler için -80°C'de korunmuştur.

## 2.2. Nisbi Büyüme Oranı, Nisbi Su İçeriği ve Osmotik Potansiyelin Belirlenmesi

Nisbi büyüme oranı (RGR) rasgele seçilen 10 bitki üzerinden hesaplanmıştır. Kuraklık uygulaması öncesi ve sonrasında yaprak numuneleri alınarak etüvde 70°C'de kurutulmuş ve ardından tartılarak kuru ağırlıkları kaydedilmiştir. Yapraklara ait RGR değeri hesaplanmıştır (Hunt ve ark., 2002). Nisbi su içeriği (RWC) için yaprakların öncelikle yaş ağırlıkları belirlenerek saf su içerisinde yaklaşık 12 saat bekletilerek turgid ağırlıkları kaydedilmiş ve ardından etüvde kurutulmuştur. Yapraklara ait RWC değeri hesaplanmıştır (Smart ve Bingham, 1974). Osmotik potansiyel için ebegümece bitkisinin stresli ve stressiz yapraklarından alınan örnekler ezilerek 5000 rpm'de 5 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında ölçümler cihaz yardımı ile gerçekleştirilmiştir (Santa-Cruz ve ark., 2002).

## 2.3. Lipid Peroksidasyonu ve Hidrojen Peroksit Miktarının Belirlenmesi

Lipid peroksidasyonu miktarının tespiti için yapraklardan 0,5 gr tartılarak %0,1'lik trikloroasetik asit (TCA) ile muamele edilmiştir. Elde edilen özüt %0,5 tiyobarbütirik asit içeren %20 TCA ile karıştırılmıştır. Örnekler 90 °C'de 30 dakika bekletilmiş ve elde edilen çözeltiler 532 ve 600 nm'de ölçülmüştür (Madhava ve Sresty, 2000). Hidrojen peroksit miktarının tespiti için ise 0,5 g yaprak %1'lik TCA ile muamele edilmiştir ve ardından santrifüj edilmiştir. Özüt %0,1'lik TiCl<sub>4</sub> ile muamele edildikten sonra elde edilen çözeltiler 410 nm'de ölçülerek  $\mu\text{mol/g H}_2\text{O}_2$  olarak belirlenmiştir (Liu ve ark., 2000).

## 2.4. Antioksidan Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi

Enzim aktivitelerinin tespiti için 0,5 g yaprak 50 mM fosfat tamponu (1 mM EDTA, %1 polivinilpirolidon; pH 7.0) ile muamele edilmiştir. Askorbat peroksidaz aktivitesi için ayrıca 2 mM askorbik asit tampona ilave edilmiştir. Örnekler 1400g'de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Özüt aktivite tayininde kullanılmıştır. Özütlerdeki protein miktarları ise Bradford (1976)'a göre belirlenmiştir. Süperoksit dismutaz aktivitesi için Beauchamp ve Fridovich (1971), peroksidaz aktivitesi Mika ve Lüthje (2003), katalaz aktivitesi Aebi (1984), askorbat peroksidaz aktivitesi Nakano ve Asada (1981) ve glutatyon redüktaz aktivitesi Foyer ve Halliwell (1976) tarafından belirlenen yöntemlere göre ölçülmüştür.

## 2.5. İstatiksel Analizler

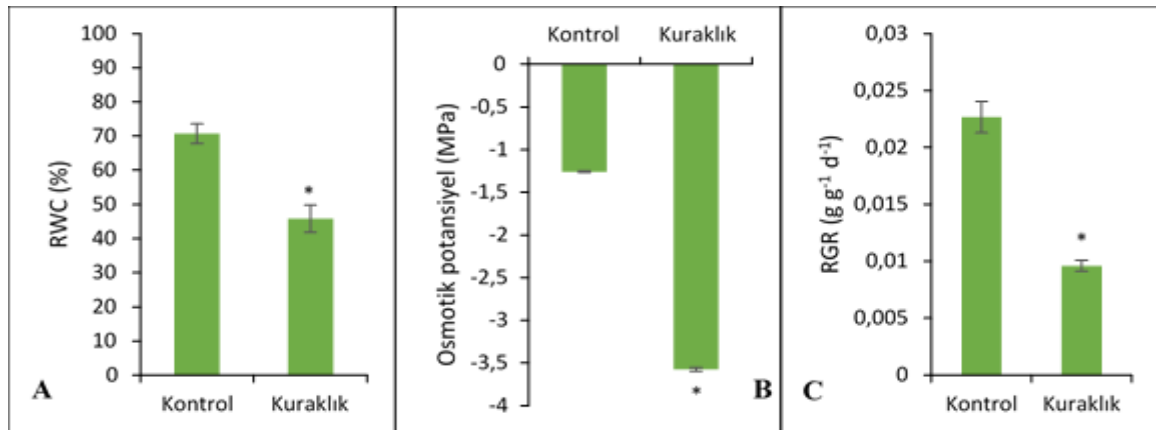
Tüm denemeler (RGR hariç) 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir. Verilerin analizi için tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Sonuçlar aritmetik ortalama  $\pm$  standart hata olarak ifade edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testi ile karşılaştırılmıştır ( $P < 0,05$ ).

### 3. Bulgular ve Tartışma

Kuraklık stresi bitkilerde meydana gelen fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemektedir (Ahmad ve ark., 2018). Bu çalışmada, kuraklık stresinin ebegümece bitkisinin fizyolojisini olumsuz etkilediği ortaya konulmuştur. Kuraklık stresi altında bitkideki su mevcudiyetini belirlemek amacıyla yapraklarda bağıl su içeriği (RWC) ölçülmüştür. Ebegümece yapraklarındaki RWC içeriği kuraklık stresi ile kontrol bitkilerine kıyasla %35,2 oranında azalmaktadır (Şekil 1A). Benzer şekilde, sorgum (Bijanazadeh ve ark., 2023) ve yulaf (Tian ve ark., 2022) bitkilerinin yapraklarında da kuraklıkla birlikte RWC miktarları azalmıştır. Kuraklık stresi kaynaklı bu azalma istatistiksel olarak anlamlı ( $P < 0,05$ ) bulunmuştur.

Kuraklık stresine maruz kalan bitkiler turgorlarını koruyabilmek için hücre içerisinde birtakım maddeler biriktirerek osmotik potansiyeli düzenler ve bu durum kuraklık toleransını belirlemede önemli bir belirteçtir (Bayar ve Deligöz, 2019). Ebegümece bitkisinin kuraklık stresli bitkilerinin yaprak osmotik potansiyeli kontrol bitkilerine kıyasla önemli ölçüde ( $P < 0,05$ ) azalmıştır (Şekil 1B). *Vigna umbellata* (Thunb.) ile yapılan denemede de benzer şekilde kuraklık stresi ile osmotik potansiyel azalmıştır (Atta ve ark., 2022).

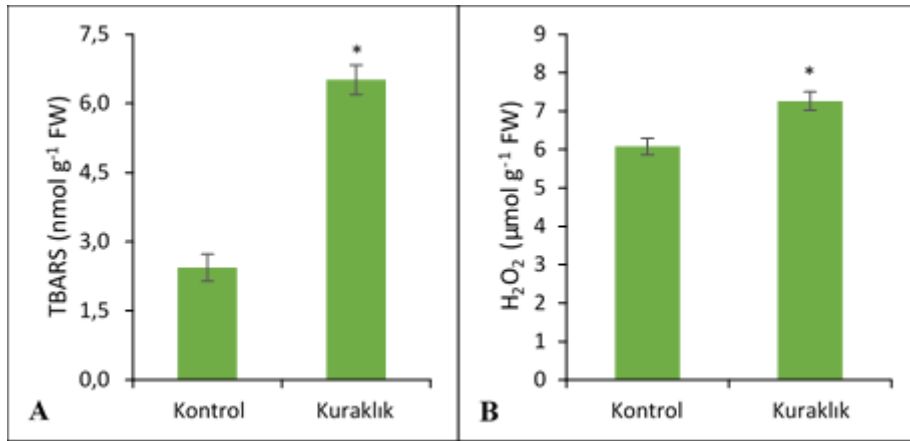
Bitkinin büyümesi de kuraklık stresinden olumsuz etkilenmiştir. Kuraklık stresi altında olan ebegümece bitkisinde stres altında olmayan bitkilere kıyasla RGR %58,3 oranında azalmıştır (Şekil 1C). Çalışmamızla benzer sonuçlar, domates (Rady ve ark., 2020), hardal (Suhail ve ark., 2023) ve bezelye (Mazhar ve ark., 2023) bitkilerinde de kaydedilmiş ve kuraklık stresi büyümeyi istatistiksel anlamda önemli ölçüde ( $P < 0,05$ ) azaltmıştır. Kuraklık stresi altında büyümenin kısıtlanması, bitkinin su içeriğindeki düşüşle doğru orantılıdır.



**Şekil 1.** Kuraklık stresinin ebegümece (*Malva sylvestris* L.) bitkisinde nisbi su içeriği (RWC, A), osmotik potansiyel (B) ve nisbi büyüme oranı (RGR, C) üzerine etkileri. Veriler ortalama  $\pm$  standart sapmayı temsil etmektedir. Yıldız işareti ile gösterilen sütunlarda  $P < 0,05$  düzeyinde fark vardır.

Stres faktörlerinin neden olduğu hasarların en önemli göstergelerinden biri lipid peroksidasyonudur (Bettaieb vd., 2011). Membran lipidlerinin peroksidasyon düzeylerinin ölçülmesi, kuraklığın yol açtığı oksidatif hasarın derecesi ile bitkinin strese karşı toleransının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Dvojković vd., 2023). Yapılan ölçümler sonucunda, kuraklık stresi altındaki ebegümece bitkisinde lipid peroksidasyonu seviyesi stresli olmayan bitkilere kıyasla yaklaşık 2,7 kat artmıştır (Şekil 2A). Benzer şekilde, kuraklık stresi kinoaada (Abbas ve ark., 2024) ve buğdayda (Upadhyay vd., 2020) lipid peroksidasyonunun artmasına sebep olmuştur. Bu veriler, kuraklık stresinin ebegümeceinde membran lipidlerinin yapısının bozulduğunun bir göstergesi olmakla birlikte oksidatif hasarın da meydana geldiğini göstermektedir.

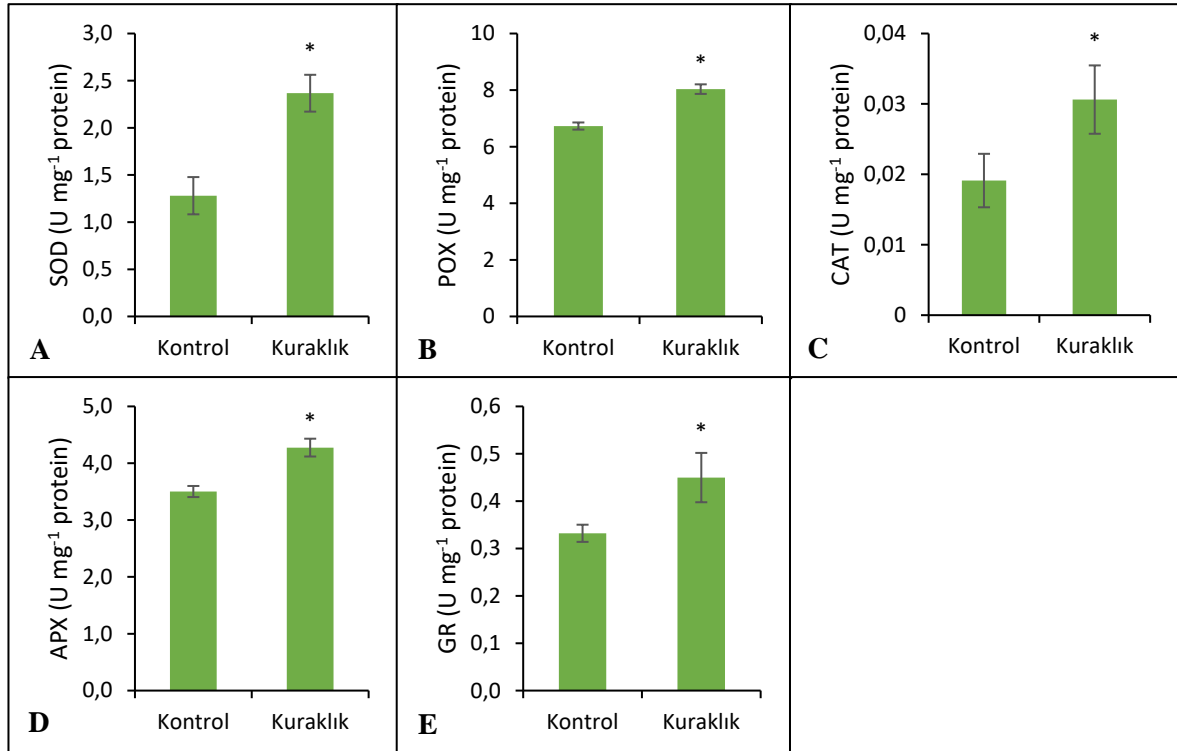
Kuraklık stresi bitkilerin osmotik dengesini bozarak fotosentez hızını düşürerek reaktif oksijen türlerinin oluşmasına yol açmaktadır (Lee ve Park, 2012; Ahanger ve Agarwal, 2017). Hidrojen peroksit bir reaktif oksijen türü olup kuraklık gibi stres koşullarına yanıt olarak metabolik savunma mekanizmalarını tetiklemekle görevli bir bitki sinyal molekülüdür (Barzotto vd., 2023). Kontrol ve kuraklık grubu ebegümece bitkileri kıyaslandığında, kuraklık grubunda %19,6 oranında hidrojen peroksit miktarının arttığı belirlenmiştir (Şekil 2B). Bu artış kuraklık stresi altında sinyal iletiminin bir göstergesi olarak meydana gelen hidrojen peroksit artışıdır (Bailey-Serres ve Mittler, 2006).



**Şekil 2.** Kuraklık stresinin ebegümece (*Malva sylvestris* L.) bitkisinde lipid peroksidasyonu (TBARS, A) ve hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, B) miktarı üzerine etkileri. Veriler ortalama ± standart sapmayı temsil etmektedir. Yıldız işareti ile gösterilen sütunlarda  $P < 0,05$  düzeyinde fark vardır.

Bitkiler enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemlerine sahiptir. Çalışmamızda, kuraklığın antioksidan savunma sisteminde değişim meydana getirip getirmediğini belirlemek için, ebegümece bitkisinde süperoksit dismutaz (SOD), guaiacol peroksidaz (POX), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR)

enzim aktiviteleri ölçülmüştür ve kuraklık stresi altında meydana gelen değişimler kaydedilmiştir. Antioksidanlar, hücrelerdeki protein, lipid, karbohidrat ve DNA gibi maddelerin oksidasyonunu önleyen veya geciktiren maddeler olup bu maddelerin aktivitesi sonucunda bitkilerin korunmasına katkı sağlayan bu süreç antioksidan savunma olarak adlandırılmaktadır (Aydın ve ark., 2012). Antioksidan savunma sistemine ait enzimler, hücrenin metabolik ve fizyolojik süreçlerini düzenlemede kritik öneme sahip, yaşamsal işlevleri olan bileşiklerdir (Doyotte ve ark., 1997). Serbest radikallerin zararsız hale getirilmesi, oluşumlarının engellenmesi ve biyolojik moleküllerin onarılmasına yardımcı olmaktadır (Dündar ve Aslan 2000). Çalışmamızda kuraklık stresi altında SOD, POX, CAT, APX ve GR enzimlerinin aktiviteleri kontrol bitkilerine kıyasla sırasıyla %85,2, %19,3, %63,2, %22,3 ve %36,4 artmıştır (Şekil 3A-E). Literatür incelendiğinde çalışmamızla benzer şekilde, mercimek (Teker, 2017), çeltik (Elbasan, 2019) ve mısır bitkilerinde de (Shahimoghdam ve ark., 2024) kuraklık stresi altında artan antioksidan savunma sistemi enzim aktiviteleri kaydedilmiştir.



**Şekil 3.** Kuraklık stresinin ebegümeçi (*Malva sylvestris* L.) bitkisinde süperoksit dismutaz (SOD, A), guaiacol peroksidaz (POX, B), katalaz (CAT, C), askorbat peroksidaz (APX, D) ve glutatyon redüktaz (GR, E) enzim aktiviteleri üzerine etkileri. Veriler ortalama ± standart sapmayı temsil etmektedir. Yıldız işareti ile gösterilen sütunlarda  $P < 0,05$  düzeyinde fark vardır.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, önemli kullanım alanları olan ebegümece (*Malva sylvestris* L.) bitkisinde kuraklık stresi altında meydana gelen fizyolojik ve biyokimyasal değişimler incelenmiştir. Kuraklık stresi, ebegümeceinde nisbi büyüme oranı, osmotik potansiyel ve nisbi su içeriklerini önemli ölçüde azaltmıştır. Diğer taraftan, kuraklık ile lipid peroksidasyon seviyesi ve hidrojen peroksit miktarlarında artış belirlenmiştir. Buna ek olarak antioksidan savunma sistemi enzimleri olan süperoksit dismutaz, peroksidaz, katalaz, askorbat peroksidaz ve glutatyon redüktaz enzimlerinin aktivitelerinde de artış kaydedilmiştir. Türkiye’de doğal olarak yetişen ancak kullanım alanı yaygınlığı ile tarımı yapılabilecek ekonomik değere sahip olan ebegümece bitkisinin kuraklık stresi altında kaydedilen enzim aktiviteleri varlığında etkili kuraklık toleransı gösterdiği görülmektedir. Tüm bu verilere ek olarak, enzimatik olmayan antioksidanlar, fitohormonlar ve sinyal iletiminde görev yapan moleküllerin varlığının tespit edilmesi gelecek çalışmalar için ebegümece bitkisinin kuraklık toleransının daha ayrıntılı olarak aydınlatılmasında kullanılabilir.

#### Kaynaklar

- Abbas, G., Murtaza, B., Amjad, M., Saqib, M., Akram, M., Naeem, M. A., & Ahmed, K. (2024). Heat stress resulting from late sowing impairs grain yield and quality of quinoa genotypes facing drought and salt stress under field conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 210(4), e12717.
- Abdalla, M., Ahmed, M. A., Cai, G., Wankmüller, F., Schwartz, N., Litig, O., Javaux, M., & Carminati, A. (2022). Stomatal closure during water deficit is controlled by below-ground hydraulics. *Annals of Botany*, 129, 161-170.
- Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. In: *Methods in Enzymology*. (eds) Colowick. S. P., Kaplan, N. O., Orlando: Academic Press, 114-121.
- Agriculture| UN World Water Development Report. (2022). <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2022/en/agriculture>. (Erişim Tarihi: 21.11.2024).
- Ahmad, Z., Anjum, S., Waraich, E. A., Ayub, M. A., Ahmad, T., Tariq, R. M. S., Ahmad, R., & Iqbal, M. A. (2018). Growth, physiology, and biochemical activities of plant responses with foliar potassium application under drought stress – A review. *Journal of Plant Nutrition*, 41, 1734-1743.



- Ahanger, M. A., & Agarwal, R. M. (2017). Potassium up-regulates antioxidant metabolism and alleviates growth inhibition under water and osmotic stress in wheat (*Triticum aestivum* L). *Protoplasma*, 254, 1471-1486.
- Akash, M. S. H., Rehman, K., & Chen, S. (2013). Role of inflammatory mechanisms in pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. *Journal of Cellular Biochemistry*, 114, 525-531.
- Akash, M. S. H., Shen, Q., & Rehman, K. (2012). Interleukin-1 receptor antagonist: a new therapy for type 2 diabetes mellitus. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 101, 1647-1658.
- Atta, K., Sen, J., Chettri, P., & Pal, A. K. (2022). Antioxidant responses of ricebean [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi and Ohashi] seedling under iso-osmotic potential of salinity and drought stress. *Legume Research-An International Journal*, 45(4), 429-434.
- Aydın, S. S., Gökçe, E., Büyük, İ., & Aras, S. (2012). Characterization of stress induced by copper and zinc on cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings by means of molecular and population parameters. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 746(1), 49-55.
- Bayar, E., & Deligöz, A. (2019). *Cedrus libani* ve *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* ağaçlandırma alanında kurak dönemde ağaç-su ilişkisi değişimleri. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20(4), 317-323.
- Bailey-Serres, J., & Mittler, R. (2006). The roles of reactive oxygen species in plant cells. *Plant Physiology*, 141(2), 311.
- Barzotto, G. R., Cardoso, C. P., Jorge, L. G., Campos, F. G., & Boaro, C. S. F. (2023). Hydrogen peroxide signal photosynthetic acclimation of *Solanum lycopersicum* L. cv Micro-Tom under water deficit. *Scientific Reports*, 13, 13059.
- Beauchamp, C., & Fridovich, I. (1971). Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*, 44, 276-287.
- Bettaieb, I., Hamrouni Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F., & Marzouk, B. (2011). Drought effects on polyphenol composition and antioxidant activities in aerial parts of *Salvia officinalis* L. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33(4), 1103-1111.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of the protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.

- Bijanazadeh, E., Naderi, R., & Barati, V. (2023). Water uptake, anatomical, and biochemical changes of sorghum genotypes subjected to polyethylene glycol-induced drought stress. *Arid Land Research and Management*, 37(4), 554-576.
- Doyotte, A., Cossu, C., Jacquin, M.C., Babutb, M., & Vaseural, P. (1997). Antioxidant enzymes, glutathione and lipid peroxidation as relevant biomarkers of experimental or field exposure in the gills and the digestive gland of the freshwater bivalve *unio tumidus*. *Aquatic Toxicology*, 39, 93-110
- Dündar, Y., & Aslan. R. (2000). *Hekimlikte oksidatif stres ve antioksidanlar*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayınları, Afyonkarahisar.
- Dvojković, K., Plavšin, I., Novoselović, D., Šimić, G., Lalić, A., Čupić, T., Horvat, D., & Viljevac Vuletić, M. (2023). Early antioxidative response to desiccant-stimulated drought stress in field-grown traditional wheat varieties. *Plants (Basel)*, 12(2), 249.
- Elbasan, F. (2019). ‘Çoklu streslere maruz bırakılan çeltik (*Oryza sativa* L.) yapraklarında eksojen skandiyum (sc)'un reaktif oksijen türleri (ROS) ve antioksidan savunma sistemi üzerine etkileri’. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Foyer, C. H., & Halliwell, B. (1976). *The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts: A proposed role in ascorbic acid metabolism*. *Planta*, 133, 21–25.
- Fukase, E., & Martin, W. (2020) Economic growth, convergence, and world food demand and supply. *World Development*, 132, 104954.
- Gitz, V., Meybeck, A., Lipper, L., Young, C. D., & Braatz, S. (2016). *Climate Change and Food security: Risks and Responses*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Report.
- Greve, P., Orłowsky, B., Mueller, B., Sheffield, J., Reichstein, M., & Seneviratne, S. I. (2014). Global assessment of trends in wetting and drying over land. *Nature Geoscience*, 7, 716–721.
- Hasanuzzaman, M., & Fujita, M. (2022). Plant oxidative stress: biology, physiology and mitigation. *Plants (Basel)*, 11(9), 1185.
- Hideg, E., Jansen, M. A. K., & Strid, A. (2013). UV-B exposure, ROS, and stress: Inseparable companions or loosely linked associates? *Trends in Plant Science*, 18, 107-115.
- Hunt, R., Causton, D. R., Shipley, B., & Askew, A. P. (2002). A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*, 90, 485-488.

- Hura, T., Hura, K., & Ostrowska, A. (2022). Drought-stress induced physiological and molecular changes in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(9), 4698.
- Hussain, H. A., Hussain, S., Khaliq, A., Ashraf, U., Anjum, S. A., Men, S., & Wang, L. (2018). Chilling and drought stresses in crop plants: implications, cross talk, and potential management opportunities. *Frontiers in Plant Science*, 9, 393.
- Lee, S., & Park, C. M. (2012). Regulation of reactive oxygen species generation under drought conditions in Arabidopsis. *Plant Signaling & Behavior*, 7(6), 599-601.
- Liu, J., Lu, B., & Xun, A. L. (2000). An improved method for the determination of hydrogen peroxide in leaves. *Progress in Biochemistry and Biophysics*, 27, 548–551.
- Madhava-Rao, K. V., & Sresty, T. V. S. (2000). Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses. *Plant Science*, 157, 113-128.
- Marouane, W., Soussi, A., & Murat, J. C. (2011). The protective effect of *Malva sylvestris* on rat kidney damaged by vanadium. *Lipids in Health and Disease*, 10, 65.
- Mazhar, M. W., Ishtiaq, M., Maqbool, M., Ullah, F., Sayed, S. R., & Mahmoud, E. A. (2023). Seed priming with iron oxide nanoparticles improves yield and antioxidant status of garden pea (*Pisum sativum* L.) grown under drought stress. *South African Journal of Botany*, 162, 577-587.
- Mika, A., & Lüthje, S. (2003). Properties of guaiacol peroxidase activities isolated from corn root plasma membranes. *Plant Physiology*, 132, 1489–1498.
- Mustafa, A., & Ali, M. (2011). New steroidal lactones and homomonoterpenic glucoside from fruits of *Malva sylvestris* L. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 68(3), 393–401.
- Nakano, Y., & Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*, 22, 867–880.
- Nawaz, M., Sun, J., Shabbir, S., Khattak, W. A., Ren, G., Nie, X., Bo, Y., Javed, Q., Du, D., & Sonne, C. (2023). A review of plants strategies to resist biotic and abiotic environmental stressors. *Science of The Total Environment*, 900, 65832.
- Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2016). Natural products as sources of new drugs over the period 1981-2014. *Journal of Natural Products*, 79(3), 629-661.
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., & Tran, L. S. P. (2014). Response of plants to water stress. *Frontiers in Plant Science*, 5, 86.
- Rady, M. M., Belal, H. E. E., Gadallah, F. M., & Semida, W. M. (2020). Selenium application in two methods promotes drought tolerance in *Solanum lycopersicum* plant by inducing the antioxidant defense system. *Scientia Horticulturae*, 266, 109290.

- Ramakrishna, A., & Ravishankar, G. A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signaling & Behavior*, 6, 1720-1731.
- Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S. S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., & Xu, J. (2019). Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A Review. *Plants*, 8, 34.
- Razavi, S. M., Zarrini, G., & Molavi, G. (2011). Bioactivity of *Malva sylvestris* L., a medicinal plant from Iran. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 14, 574-579.
- Rojas, O. (2020). Agricultural extreme drought assessment at global level using FAO-Agricultural Stress Index System (ASIS). *Weather and Climate Extremes*, 27, 100184.
- Sabir, S. M., & Rocha, J. B. T. (2008). Water-extractable phytochemicals from *Phyllanthus niruri* exhibit distinct in vitro antioxidant and in vivo hepatoprotective activity against paracetamol-induced liver damage in mice. *Food Chemistry*, 111, 845–851.
- Santa-Cruz, A., Martinez-Rodriguez, M. M., Perez-Alfocea, F., Romero-Aranda, R., & Bolarin M.C. (2002). The rootstock effect on the tomato salinity response depends on the shoot genotype. *Plant Science*, 162, 825–831.
- Shahimoghdam, M., Asghari, A., Moharramnejad, S., Dehghanian, Z., Singh, S. K., Sivalingam, K. M., & Marisennayya, S. (2024). Variation in oxidative defense system and physiological traits in maize under drought stress. *Plant Science Today*, 11(2).
- Smart, R. E., & Bingham, G.E. (1974). Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiology*, 53, 258-260.
- Suhail, F., Afzal, A., Naseer, L., Pervaiz, A., Ikram, M., Shaheen, S., & Khan, N. (2023). Influence of phosphate solubilizing bacteria on the growth of mustard grown under drought stress conditions. *Agricultural Research*, 12(4), 375-386.
- Tabaraki, R., Yosefi, Z., & Asadi Gharneh, H. A. (2012). Chemical composition and antioxidant properties of *Malva sylvestris* L. *Journal of Research in Agricultural Science*, 8(1), 59-68.
- Teker, M. (2017). 'Mercimek bitkisi *Orobanche crenata* Forsk. interaksyonunda eksojen glisin betainin antioksidan savunma sistemi üzerine etkisi'. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Tian, H., Zhou, Q., Liu, W., Zhang, J., Chen, Y., Jia, Z., & Wang, H. (2022). Responses of photosynthetic characteristics of oat flag leaf and spike to drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 13, 917528.
- Upadhyay, D., Budhlakoti, N., Singh, A. K., Bansal, R., Kumari, J., Chaudhary, N., Padaria, J. C., Sareen, S., & Kumar, S. (2020). Drought tolerance in *Triticum aestivum* L.

genotypes associated with enhanced antioxidative protection and declined lipid peroxidation. *BioTech*, 10(6), 281.

Xiao, M., Yu, Z., Kong, D., Gu, X., Mammarella, I., & Montagnani, L. (2020). Stomatal response to decreased relative humidity constrains the acceleration of terrestrial evapotranspiration. *Environmental Research Letters*, 15, 094066.

Zhang, H., Zhao, Y., & Zhu, J. K. (2020). Thriving under stress: how plants balance growth and the stress response. *Developmental Cell*, 55(5), 529-543.

## Millet Bahçelerinin Kullanıcı Memnuniyetleri Açısından Değerlendirilmesi: Düzce Millet Bahçesi Örneği

### Evaluation of National Gardens in terms of User Satisfaction: The Case of Düzce National Garden

 Serir UZUN<sup>1</sup>

#### Özet

Kentleşmenin hızla arttığı günümüzde kentlerin gelişim ve değişiminde yönlendirici unsur olan yeşil alanlar kentsel yaşam kalitesini arttırmanın, kentin ekolojik dengesini sağlamanın yanı sıra rekreasyonel imkânlar da sunmaktadır. Bu bağlamda millet bahçeleri bugün kentlerin temel unsurları haline gelerek bir kentin kimliğini ve kültürünü temsil etmekle birlikte, insan ve doğa arasındaki ilişkinin dengelenmesinde, sosyal ilişkiler kurabilmesinde ve kentsel alanlardaki yaşam koşullarının iyileştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle millet bahçelerinde kullanıcıların tercihlerinin, beklentilerinin ve memnuniyetlerinin belirlenmesi, bu alanların sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından önemlidir. Bu çalışmanın amacı Düzce şehir merkezindeki üç büyük parkın bütünleştirilerek yeniden düzenlemesiyle 2021 yılında kullanıma açılan Düzce Millet Bahçesi ile ilgili olarak halkın görüşlerinin, genel memnuniyetlerinin ve ihtiyaçlarını karşılamadaki yeterliliğinin belirlenmesidir. Bu amaçla Millet Bahçesi'nde 2022 yılı Nisan – Ekim ayları arasında 410 kişiyle yüz yüze görüşme yöntemiyle anket çalışması yürütülmüştür. Çalışmanın sonucunda katılımcıların millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli buldukları, ulaşılabilirlik ve sosyalleşme olanaklarından memnun oldukları ve alanı güvenli buldukları belirlenirken; konfor ve aktivite olanaklarından memnun olmadıkları belirlenmiştir. Katılımcıların millet bahçesinin şimdiki halini eski halinden çok daha fazla beğenmelerine rağmen, alanda çim alanları, bitkisel ve su elemanlarını yetersiz buldukları, alanın geçiş mekanı gibi olmasını, sunduğu aktivite çeşitliliğinin ve yeşil alanların az olmasını beğenmedikleri de belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Düzce, Kamusal alan, Memnuniyet, Millet bahçesi.

#### Abstract

Today, when urbanisation is increasing rapidly, green areas, which are the guiding factor in the development and change of cities, offer recreational opportunities as well as increasing the quality of urban life and ensuring the ecological balance of the city. In this context, nation gardens have become the basic elements of cities today, representing the identity and culture of a city, and play an important role in balancing the relationship between human and nature, establishing social relations and improving living conditions in urban areas. For this reason, it is important to determine the preferences, expectations and satisfaction of users in national gardens in order to ensure the sustainability of these areas. The aim of this study is to determine the opinions of the public about the Düzce National Garden, which was opened for use in 2021 by integrating and rearranging three large parks in the city centre of Düzce, their general satisfaction and its adequacy in meeting their needs. For this purpose, a face-to-face interview survey was conducted with 410 people between April and October 2022 in the National Garden. As a result of the study, it was determined that the participants found the nation garden sufficient for the uses they wanted to perform, were satisfied with the accessibility and socialisation opportunities and found the area safe, while they were not satisfied with the comfort and activity opportunities. Although the participants liked the current state of the nation garden much more than the old state, it was also determined that they found the grass areas, vegetative and water elements in the area insufficient, they did not like the fact that the area was like a transit space, the variety of activities it offered and the lack of green areas.

**Keywords:** Düzce, Public space, Satisfaction, National garden.

Geliş Tarihi: 25.11.2024, Düzeltme Tarihi: 09.12.2024, Kabul Tarihi: 09.12.2024

Adres: Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü

E-mail: seriruzun@duzce.edu.tr

## 1. Giriş

Kentler, birbirinden farklı özellikteki bireylerin ve toplumların bir arada yaşadıkları ve sosyal etkileşim içerisinde buldukları mekânlardır. Kentlerin oluşum sürecinde önemli rol oynayan kamusal mekânlar ise insanların sosyokültürel yaşamlarını devam ettirdikleri, birbirleriyle iletişim halinde oldukları ve farklı toplumlarla ilişki kurup toplumsal duyguları yaşayabildikleri alanlardır. Kısacası toplumların yapılanması ve fiziksel çevredeki etkileşimleri kamusal alanlarda gerçekleşmektedir (Erdönmez, 2005). Yeşil alanlar ise toplumların kamusal alanlardaki yansımalarının görünür bir biçimidir (Tanyeli, 2005).

Tarihi süreçte toplumların yönetim biçimlerine göre yeşil alan kullanımları da değişim göstermiştir. Osmanlı Döneminde, bağ, bahçe ve korular açık kamusal mekânlar olarak kentlerin eğlenceyle birlikte sosyal ve kültürel yaşam merkezlerini oluşturmuş; toplumun sosyal ve kültürel etkileşimi, değişimi ve gelişimini sağlamışlardır. Osmanlı imparatorluğunun son dönemlerinde Tanzimat ve Islahat Fermanlarından sonra yapılan yenilik ve düzenlemelerle birlikte halkın yaşam şeklinin değiştirilmesi ve sosyalleşme gibi kavramlar üzerinde durulmuştur. Bu yeni düzenlemelerle hazırlanan Vilayet Nizamnamesi içeriğinde ilk kamusal açık alan örnekleri olan ‘Millet Bahçeleri’ konusuna yer vermiştir. Millet bahçelerinin bütünlüğü simgelediğini belirtmişlerdir (Sağlık ve ark., 2019).

1864 yılında ilk kamuya açık park olarak Taksim Bahçesi, Osmanlı Devleti’nin başkenti olan İstanbul’da inşa edilmiştir. 1869 yılında Üsküdar’da Sarıkaya Millet Bahçesi, 1869 yılında Tepebaşı Parkı, 1871’de Sultanahmet Millet Bahçesi ve 1870 yılında Kısıklı’da millet bahçesi yapılmıştır. Batılılaşma ile birlikte yeşil alanlar; anlam, biçim ve fonksiyonel yönden farklılık göstermiş (Erdönmez ve Çelik, 2016), 1913 yılında Cemil Paşa ile birlikte yeni bir dönem olarak park ve bahçeler dönemi başlamıştır. Buna bağlı olarak İstanbul’un çeşitli semtlerinde park ve bahçeler yapılmaya başlanmıştır. İstanbul dışında Anadolu’da Ankara, Bursa, Konya, Adana, Sivas gibi farklı büyük kentlerde millet bahçesi yapılmıştır (Rüştü, 2001; Memlük, 2017). Bu dönemlerde yapılan millet bahçelerinin çoğunda müzik köşkleri, gazino, lokantalar, kütüphane, dans ve oyun salonları, sinema ve tiyatro gibi yapılar inşa edilmiştir. Yapılan bu millet bahçeleri Osmanlı Devleti’nin batılılaşma sürecinde mesire alanı ya da gezinti parkından çok daha fazlasını ifade ederek kişilerin ve toplumun sosyalleşmesi ve modernleşmesine katkı sağlaması hedeflenmiştir (Çelik, 2018).

Sonraki dönemlerde unutulmuş bu millet bahçesi kavramı ilk olarak 2018 tarihinde hükümet tarafından gündeme getirilmiş ve ülke genelinde yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalara başlanmıştır. Öncelikli olarak millet bahçesi ‘Planlı Alanlar İmar

Yönetmeliği'ne ek bir maddeyle 2019 yılında eklenerek mevzuatta yerini almıştır. Buna göre Millet bahçeleri; halkın rekreasyonel gereksinimlerini karşılayan, doğayla iç içe olmasını sağlayan, afet durumunda toplanma alanı olarak kullanılabilen, doğal, kültürel ve tarihi değerleri korumanın yanı sıra sosyokültürel yapıyı yansıtan, kentin ve ülkenin vizyonunu, prestijini geliştirerek önemli katkılar sağlayan yeşil alanlardır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Millet Bahçeleri Rehberi, 2020).

Bu bağlamda millet bahçeleri ile;

- Kentlere rekreasyon aktivitelerine olanak sağlayacak estetik ve ekolojik değeri yüksek sürdürülebilir açık ve yeşil alanların kazandırılması
- Kentleşmenin neden olduğu çevre sorunlarına karşı, halkın sağlıklı ve kentsel yaşam kalitesi daha yüksek kentlerde yaşamasının sağlanması
- Yapısal ve bitkisel elemanların bir arada yer aldığı, kente ve coğrafyaya özgü değerleri göz önüne alan ve gelecekte kentlerin kültürel peyzaj kimliğini temsil edecek özgünlüğe sahip açık ve yeşil alanların kentlere kazandırılması hedeflenmiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Millet Bahçeleri Rehberi, 2020).

Ayrıca mevzuatta millet bahçesinde yer alabilecek fonksiyonlara da belirtilmiştir. Buna göre meydanlar, toplanma alanları, su yüzeyleri, sergi alanları, yürüyüş, koşu ve bisiklet yolları, çocuk oyun alanları, spor alanları, açık hava gösteri etkinlik alanları, atölye ve sergi yapıları, müze, kafeteryalar, millet kıraathanesi, otoparklar, tuvalet, mescit, cami, meyve-sebze bahçeleri, seracılık alanları, tematik bahçeler ve hayvan barınakları gibi kullanımlara yer verilmelidir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Millet Bahçeleri Rehberi, 2020).

Bu çalışmada Düzce şehir merkezinde bulunan üç büyük parkın (İnönü Parkı, Avni Akyol Parkı ve Anıtpark) bütünleştirilerek yeniden düzenlemesi yapılan ve 2021 yılında kullanıma açılan Düzce Millet Bahçesi ile ilgili olarak halkın görüşlerinin, genel memnuniyetlerinin ve ihtiyaçlarını karşılamadaki yeterliliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın ana materyali olan Düzce Millet Bahçesi, Düzce merkez ilçesi Kültür mahallesi sınırları içerisinde yer almaktadır. İnönü Parkı, Avni Akyol Parkı ve Anıtpark'ın birleştirilerek yeniden tasarlanması ile meydana gelen Düzce Millet Bahçesi 2021 yılında hizmete sunulmuştur. İçerisinde çocuk oyun alanı, millet kütüphanesi, millet kıraathanesi, kafeterya, yöresel ürün satış noktaları, açık hava tiyatrosu vb. kullanımlar bulunan millet bahçesi 34.000 m<sup>2</sup> alana sahiptir. Güneyinde Düzce Valiliği bulunan millet bahçesi,



yakınında ağırlıklı olarak alışveriş ve iş merkezleri, bankalar, konut alanları, restoran ve kafelerin bulunduğu bir bölge olarak göze çarpmaktadır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Çalışma alanının konumu (Anonim 2024a,b).

Millet bahçesi Düzce kentinin meydan niteliğindeki tek alanı olup, resmi törenler başta olmak üzere festivaller, konserler, kermesler, sergiler, açık hava toplantıları, gösteriler ve ramazan ayı etkinlikleri gibi etkinliklerde sıklıkla kullanılmaktadır. Tüm bu özelliklerinden dolayı yoğun bir şekilde kullanılan millet bahçesi kent halkının sürekli bir etkileşim ve iletişim halinde olduğu mekâna dönüşmektedir (Şekil 2).



**Şekil 2.** Çalışma alanından genel görünüm.

Çalışmanın diğer bir materyalini ise Nisan – Ekim 2022 tarihleri arasında millet bahçesinde uygulanan anket verileri oluşturmaktadır. Düzce ili merkez ilçe nüfusu TÜİK (2022) verilerine göre 405.131 olarak alınmış olup, çalışmanın evrenini oluşturmaktadır (Anonim, 2022). Evreni temsil edecek örneklem büyüklüğünün belirlenmesinde %95 güven düzeyi ve %5 hata payı dikkate alınarak 384 kişiye ulaşılması gerektiği belirlenmiştir (Yamane, 2010). Çalışma kapsamında 410 kişiyle yüz yüze görüşme yöntemi ile anket çalışması yürütülmüştür.

Çalışma kapsamında uygulanan anket formu Uzun ve ark. (2005); Sarıkaya (2007); Uzun ve Müderrisoğlu (2007); Uzun ve Pehlivan (2018); Köksaldı ve Asilsoy (2020); Karaşah ve Aşık (2021); Altıntaş ve Serdaroğlu Sağ (2023) ve Yılmaz (2023) çalışmalarından yararlanılarak oluşturulmuştur. Çalışmada yararlanılan anket formu 3

bölümden oluşmaktadır. Anketin birinci bölümünde katılımcıların bazı demografik özellikleri 9 farklı soru ile sorgulanmıştır. Anketin ikinci bölümünde 9 soru ve 21 yargı ile millet bahçesine ait kullanım bilgilerine ulaşılmıştır. Anketin üçüncü bölümünde 4 soru ve 20 yargı ile millet bahçesinden genel memnuniyetleri değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen anketler SPSS 22.0 programında kodlanarak bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti üzerinden tanımlayıcı istatistikler yapılarak ortalamalar ve frekans dağılımları hesaplanmıştır. Yargılar arasında bir ilişki olup olmadığına da ki-kare analizi yapılarak bakılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Geçerlilik ve Güvenirlilik Analizi

Çizelge 1’de çalışmada kullanılan verilere ait güvenilirlik ve geçerlilik analizlerinin sonuçlarına yer verilmiştir. Değerlendirilen anketlerin güvenilirlik analizi Cronbach Alpha katsayısı ile geçerlilik analizi ise Örneklem Yeterlilik Ölçüsü (KMO) ve Barlett’s Küresellik testi ile ortaya konmuştur. Uygulanan analizler sonucunda çalışmada kullanılan alt ölçeklerin güvenilirlik sonuçlarının 0.642 ile 0.832 olduğu ve tüm veriler için güvenilirlik değerinin ise 0.689 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar çalışma kapsamında kullanılan ölçeğin güvenilirlik açısından bir sorun teşkil etmediğini göstermektedir. Ölçeğin geçerliliğini belirlemek için uygulanan analiz sonucuna göre ise KMO değeri 0.718; Bartlett’in Küresellik testi sonucu 2102.499; serbestlik derecesinin (df) 190 ve önem düzeyinin ise (p) 0.000 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar geçerlilik açısından kullanılan ölçeğin bir sorun teşkil etmediğini göstermektedir (Özdamar, 2002; Kalaycı, 2009).

#### Çizelge 1. Kullanılan anketin güvenilirlik ve geçerlilik sonuçları.

Çalışma Türü	Güvenirlilik Sonucu Cronbach Alpha Katsayısı	Geçerlilik Analizi	
		KMO Değeri	Barlett Değeri
Millet bahçesinde yetersiz bulunan faaliyetler ve olanaklar	0.642	0.718	2102.499
Millet bahçesi ile ilgili beğenilmeyen unsurlar	0.832		
Tüm ölçek sonucu	0.689		

#### 3.2. Katılımcıların Bazı Demografik Özellikleri

Ankete katılan katılımcıların %50.5’i kadın, %49.5’i erkektir. Katılımcıların %46.3’ü 16-25 yaş aralığında olup, %60.7’si bekârdır. Katılımcıların %53.2’si lisans mezunu,

%41.2'si öğrenci ve %53.9'unun ise aylık geliri 4.253 TL altındadır. Katılımcıların %60'ı çocuk sahibi olmayıp, %81.7'si Düzce merkezde yaşamakta ve %43.2'si ise 0-5 yıl arası Düzce'de bulunmaktadır (Çizelge 2).

**Çizelge 2. Katılımcıların bazı demografik özellikleri.**

Katılımcıların demografik özellikleri		Sayı (N)	Oran (%)
Cinsiyet	<b>Kadın</b>	<b>207</b>	<b>50.5</b>
	Erkek	203	49.5
Yaş	<b>16-25</b>	<b>190</b>	<b>46.3</b>
	26-35	81	19.8
	36-45	69	16.8
	46-55	45	11.0
	56 ve üzeri	25	6.1
Medeni durumu	Evli	161	39.3
	<b>Bekar</b>	<b>249</b>	<b>60.7</b>
Öğrenim durumu	İlkokul	46	11.2
	Ortaokul	36	8.8
	Lise	85	20.7
	<b>Lisans</b>	<b>220</b>	<b>53.7</b>
	Lisansüstü	23	5.6
Meslek	Kamu	51	12.4
	Özel sektör	70	17.1
	Serbest meslek	41	10.0
	Emekli	27	6.6
	Ev hanımı	52	12.7
	<b>Öğrenci</b>	<b>169</b>	<b>41.2</b>
Aylık gelir	<b>4.253 TL altı</b>	<b>221</b>	<b>53.9</b>
	4.254-6.000 TL	84	20.5
	6.001-8000 TL	48	11.7
	8001-1000 TL	31	7.6
	10.001 TL üstü	26	6.3
Çocuk sayısı	<b>Yok</b>	<b>246</b>	<b>60.0</b>
	1	51	12.4
	2	67	16.3
	3 ve üzeri	46	11.2
İkamet yeri	<b>Düzce merkez</b>	<b>335</b>	<b>81.7</b>
	Düzce ilçesi	75	18.3
Düzce'de bulunma süresi	<b>0-5 yıl</b>	<b>177</b>	<b>43.2</b>
	6-10 yıl	67	16.3
	11-15 yıl	54	13.2
	16 yıldan fazla	112	27.3
<b>Toplam</b>		<b>410</b>	<b>100</b>

### 3.3. Millet Bahçesi Kullanım Bilgileri

Ankete katılanların %32.9'u millet bahçesine yürüyerek, %32.2'si ise toplu taşıma araçları ile ulaşım sağlamaktadırlar (Çizelge 3). Katılımcıların %38.8'i millet bahçesine 16-30 dakika arası sürede ulaşmaktadırlar. Katılımcıların millet bahçesini kullanma zamanına bakıldığında %66.1'inin hafta sonu geldiği, millet bahçesine gelme sıklıklarına bakıldığında ise %39.8'inin haftada bir veya birkaç kez geldiği belirlenmiştir. Katılımcıların millet

bahçesinde geçirdikleri zamana bakıldığında %37.1'inin 30-60 dakika arası, %31.2'sinin 1-2 saat arası vakit geçirdikleri belirlenmiştir. Katılımcıların millet bahçesinde buldukları saatler değerlendirildiğinde %31.7'sinin akşam (17:00-20:00), % 28'inin ikindi (14:00-17:00) saatlerini tercih ettikleri görülmektedir. Katılımcıların %48'i millet bahçesine arkadaş/komşuları ile geldiklerini belirtmişlerdir.

### Çizelge 3. Millet bahçesini kullanım bilgileri.

Millet bahçesini kullanım bilgileri		Sayı (N)	Oran (%)
Millet bahçesine gelme şekli	<b>Yürüyerek</b>	<b>135</b>	<b>32.9</b>
	Bisiklet/Motosiklet	25	6.1
	Özel araba	118	28.8
	Toplu taşıma araçları	132	32.2
Millet bahçesine ulaşma süresi	0-5 dak.	74	18.0
	6-15 dak.	134	32.7
	<b>16-30 dak.</b>	<b>159</b>	<b>38.8</b>
	31 dakikadan fazla	43	10.5
Millet bahçesini kullanma zamanı	Hafta içi	46	11.2
	<b>Hafta sonu</b>	<b>271</b>	<b>66.1</b>
	Her zaman	93	22.7
Millet bahçesini gelme sıklığı	İlk defa	14	3.4
	Hemen her gün	77	18.8
	<b>Haftada bir veya birkaç kez</b>	<b>163</b>	<b>39.8</b>
	Ayda bir veya birkaç kez	88	21.5
	Çok nadir	68	16.6
Millet bahçesinde geçirilen zaman	0-30 dakika arası	81	19.8
	<b>30-60 dakika arası</b>	<b>152</b>	<b>37.1</b>
	1-2 saat arası	128	31.2
	2 saatten fazla	49	12.0
Millet bahçesinde bulunma saati	Sabah (8:00-11:00)	34	8.3
	Öğlen (11:00-14:00)	92	22.4
	İkindi (14:00-17:00)	115	28.0
	<b>Akşam (17:00-20:00)</b>	<b>130</b>	<b>31.7</b>
	Gece (20:00-24:00)	39	9.5
Millet bahçesine kiminle geldiği	Yalnız	72	17.6
	Aile	125	30.5
	Akraba	16	3.9
	<b>Arkadaş/Komşu</b>	<b>197</b>	<b>48.0</b>
<b>Toplam</b>	<b>410</b>	<b>100</b>	

Katılımcıların millet bahçesine geliş amaçlarına bakıldığında sırası ile en çok dinlenmek ( $1.35 \pm 0.480$ ), yürümek ( $1.47 \pm 0.499$ ) ve geçiş amaçlı ( $1.50 \pm 0.500$ ) geldikleri görülmektedir (Çizelge 4). Yılmaz (2023) Trabzon Avni Aker Millet Bahçesi'nde gerçekleştirdiği çalışmasında ziyaretçilerin millet bahçesini en çok oturmak, arkadaşlarla sohbet etmek ve konser, festival ve kutlamalara katılmak için tercih ettiklerini belirtmiştir.

#### Çizelge 4. Millet bahçesine geliş amaçları.

Seçenekler	Arit. Ort*	St. Sapma
<b>Dinlenmek</b>	<b>1.35</b>	<b>0.480</b>
<b>Yürümek</b>	<b>1.47</b>	<b>0.499</b>
<b>Geçiş amaçlı</b>	<b>1.50</b>	<b>0.500</b>
Sosyalleşmek (arkadaşlarla buluşmak)	1.65	0.475
Kafesinden yararlanmak	1.73	0.442
Spor yapmak	1.76	0.427
Kütüphanesinden yararlanmak	1.81	0.385
Çocuk oyun alanını kullanmak	1.84	0.365
Kıraathanesinden yararlanmak	1.85	0.356
Yöresel ürün satış yeri için	1.86	0.346
Sergi ve festivallere katılmak için	1.88	0.321
Kaykay alanından yararlanmak	1.91	0.283
Amfi alanından yararlanmak	1.92	0.276

1: Evet, 2: Hayır

Katılımcıların bazı demografik özellikleri ile millet bahçesine geliş amaçları arasında istatistiksel olarak bir ilişki bulunup bulunmadığına bakılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda katılımcıların cinsiyet değişkeni ile millet bahçesine geliş amaçlarından “kıraathanesinden yararlanmak” yargısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Katılımcıların genel olarak millet bahçesinin kıraathanesinden pek fazla yararlanmadıkları görülmesine rağmen, erkeklerin kadınlara göre kıraathaneden daha fazla yararlandığı belirlenmiştir.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda katılımcıların yaş gruplaması ile millet bahçesine geliş amaçlarından “dinlenmek”, “sosyalleşmek” ve “spor yapmak” yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Yaşı 36-45 ile 46-55 arası olan katılımcıların millet bahçesine dinlenme amaçlı olarak en fazla geldikleri, yaşı 26-35 arası olan katılımcıların ise en az geldikleri belirlenmiştir. Yaşı 16-25 ile 26-35 arası olan katılımcıların millet bahçesini sosyalleşme amaçlı daha fazla kullandıkları, yaşı 56 ve üzeri olan katılımcıların ise millet bahçesini sosyalleşme amaçlı olarak nerdeyse hiç kullanmadıkları belirlenmiştir. Yaşı 26- 35 arası olan katılımcıların millet bahçesine diğer yaş gruplarına oranla spor amaçlı olarak daha fazla geldikleri belirlenmiştir.

Analizler sonucunda katılımcıların medeni durumları ile millet bahçesine geliş amaçlarından “geçiş amaçlı”, “çocuk oyun alanını kullanmak”, “sosyalleşmek”, “kıraathanesinden yararlanmak” ve “yöresel ürün satış yeri için” yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Bekar olan katılımcılar millet bahçesine daha çok geçiş amaçlı ve sosyalleşmek için gelirken, evli olan katılımcılar çocuk oyun alanını kullanmak, kıraathanesinden yararlanmak ve yöresel ürünler satın almak amacıyla gelmektedir.

Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda katılımcıların eğitim düzeyleri ile millet bahçesine geliş amaçlarından “dinlenmek” ve “yürümek” yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). İlkokul mezunu katılımcıların diğer eğitim düzeyindeki katılımcılara göre millet bahçesine dinlenmek amaçlı daha çok geldikleri, ilkokul ve lisansüstü mezunlarının ise millet bahçesine yürümek amaçlı geldikleri tespit edilmiştir.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda katılımcıların meslekleri ile millet bahçesine geliş amaçlarından “geçiş amaçlı” ve “kıraathanesinden yararlanmak” yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Emekli olan katılımcıların millet bahçesini geçiş amaçlı kullanmadıkları ve kıraathanesinden yararlanma amaçlı kullandıkları belirlenmiştir.

Katılımcıların sahip oldukları çocuk sayısı ile millet bahçesine geliş amaçlarından “çocuk oyun alanını kullanmak” ve “sosyalleşmek” yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Çocuğu olmayan katılımcıların çocuk oyun alanlarını kullanmadıkları ve sosyalleşme amaçlı daha yüksek oranla kullandıkları belirlenmiştir.

Katılımcıların millet bahçesini tercih etme sebeplerinin başında diğer mekânlara (bankalar, valilik, AVM vb.) yakın olması ( $1.56\pm 0.496$ ), beğendikleri için ( $1.57\pm 0.465$ ) ve ulaşımını kolay buldukları için ( $1.60\pm 0.486$ ) yargıları gelmektedir (Çizelge 5).

### Çizelge 5. Millet bahçesini tercih etme sebepleri.

Seçenekler	Arit. Ort*.	St. Sapma
<b>Diğer mekânlara (bankalar, valilik, AVM vb.) yakın olduğu için</b>	<b>1.56</b>	<b>0.496</b>
<b>Beğendiğim için</b>	<b>1.57</b>	<b>0.495</b>
<b>Ulaşımı kolay olduğu için</b>	<b>1.60</b>	<b>0.489</b>
Evime yakın olduğu için	1.68	0.464
Yeni yapıldığı için	1.75	0.428
Güvenli olduğu için	1.77	0.416
Bakımlı olduğu için	1.79	0.407
Konforlu olduğu için	1.80	0.392

1: Evet, 2: Hayır

Katılımcıların yaş gruplaması ile millet bahçesini tercih etme sebeplerinden “evime yakın olduğu için” ve “güvenli olduğu için” yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Katılımcılardan 56 ve üzeri yaşa sahip olanlar millet bahçesini evlerine yakın olduğu için, 46-55 yaş arası olanlar ise güvenli olduğu için tercih etmektedirler.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda katılımcıların medeni durumu ile millet bahçesini tercih etme sebeplerinden “evime yakın olduğu için” ve “beğendiğim için”

yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Evli olan katılımcılar millet bahçesini evlerine yakın olduğu ve beğendikleri için tercih etmektedirler.

Katılımcıların eğitim düzeyleri ile millet bahçesini tercih etme sebeplerinden “diğer mekânlara yakın olduğu için”, “evime yakın olduğu için” ve “ulaşımı kolay olduğu için” yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Katılımcılardan lisans mezunu olanlar diğer mekânlara yakın olduğu için, ilkokul ve ortaokul mezunları evlerine yakın olduğu için ve ulaşımı kolay olduğu için millet bahçesini kullanmayı tercih etmektedirler.

Katılımcıların meslekleri ile millet bahçesini tercih etme sebeplerinden “evime yakın olduğu için” ve “ulaşımı kolay olduğu için” yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Ev hanımları hem evlerine yakın olduğu için hem de ulaşımı kolay olduğu için millet bahçesini kullanmayı tercih etmektedirler.

Katılımcıların sahip oldukları çocuk sayısı ile millet bahçesini tercih etme sebeplerinden “evime yakın olduğu için” yargısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Çocuğu olan katılımcılar millet bahçesini evlerine yakın olduğu için tercih etmektedirler.

Katılımcıların ikamet yerleri ile millet bahçesini tercih etme sebeplerinden “diğer mekânlara yakın olduğu için”, “evime yakın olduğu için” ve “ulaşımı kolay olduğu için” yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Düzce'nin ilçelerinde yaşayan katılımcılar millet bahçesini diğer mekânlara yakın olduğu için tercih ederken, merkezde yaşayan katılımcılar ise millet bahçesini ilçelerde yaşayanlara oranla evlerine yakın olduğu ve ulaşımı kolay olduğu için tercih etmektedirler.

Katılımcıların Düzce'de yaşama süreleri ile millet bahçesini tercih etme sebeplerinden “diğer mekânlara yakın olduğu için”, “evime yakın olduğu için” “ulaşımı kolay olduğu için” ve “beğendiğim için” yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Katılımcılardan Düzce'de 0-5 yıl arası yaşayanların millet bahçesini diğer mekânlara yakın olduğu için kullanmayı tercih ettikleri belirlenmiştir. Katılımcıların Düzce'de yaşama süresi arttıkça evlerine yakın olduğu, ulaşımı kolay olduğu ve beğendikleri için millet bahçesini tercih etmelerinin oranı da artmaktadır.

### **3.4. Millet Bahçesinde Katılımcıların Genel Memnuniyet Durumunun Analizi**

Çizelge 6'ye göre katılımcıların millet bahçesinden genel memnuniyetlerine bakıldığında; %43.7'si millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli bulduklarını, %61.2'si sunduğu konfor olanaklarından memnun olmadıklarını, %62'si

ulaşılabilirlik olanaklarından memnun olduklarını, %45'i sunduğu aktivite olanaklarından memnun olmadıklarını, %39'u sunduğu sosyalleşme olanaklarından memnun olduklarını, %35'i ise millet bahçesini güvenli bulduklarını belirtmişlerdir. Yılmaz (2023) Trabzon Avni Aker Millet Bahçesi'nde gerçekleştirdiği çalışmasında ziyaretçilerin millet bahçesinin sunduğu ulaşılabilirlik, sosyalleşme, aktivite çeşitliliği ve konfor olanaklarından memnun olduklarını belirtmiştir.

#### **Çizelge 6. Millet bahçesinden genel memnuniyet durumları.**

		<b>Sayı (N)</b>	<b>Oran (%)</b>
Millet bahçesini gerçekleştirmek istediğiniz kullanımlar için yeterli buluyor musunuz?	<b>Evet</b>	<b>179</b>	<b>43.7</b>
	Hayır	111	27.0
	Kısmen	120	29.3
Millet bahçesinin sunduğu konfor olanaklarından memnun musunuz?	Evet	159	38.8
	<b>Hayır</b>	<b>251</b>	<b>61.2</b>
Millet bahçesinin sunduğu ulaşılabilirlik olanaklarından memnun musunuz?	<b>Evet</b>	<b>256</b>	<b>62</b>
	Hayır	154	38
Millet bahçesinin sunduğu aktivite olanaklarından memnun musunuz?	Evet	169	41
	<b>Hayır</b>	<b>184</b>	<b>45</b>
	Kısmen	57	14
Millet bahçesinin sunduğu sosyalleşme olanaklarından memnun musunuz?	<b>Evet</b>	<b>158</b>	<b>39</b>
	Hayır	105	25
	Kısmen	147	36
Millet bahçesini güvenli buluyor musunuz?	<b>Evet</b>	<b>145</b>	<b>35</b>
	Hayır	139	34
	Kısmen	126	31
<b>Toplam</b>		<b>410</b>	<b>100</b>

Katılımcıların cinsiyet değişkeni ile “millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli bulup bulmamaları” ve “millet bahçesini güvenli bulup bulmamaları” yargıları arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). Kadınlar erkeklere göre millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için daha yeterli bulurken erkekler millet bahçesini daha güvenli bulmaktadırlar.

Katılımcıların yaş gruplaması ile “millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli bulup bulmamaları” ve “millet bahçesinin sunduğu aktivite olanaklarından memnun olup olmamaları” yargıları arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). 16-25 yaş arası katılımcılar diğer yaş gruplarındaki katılımcılara göre millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yetersiz bulmakta ve millet bahçesinin sunduğu aktivite olanaklardan memnun kalmamaktadırlar.

Katılımcıların medeni durumu ile millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli bulup bulmamaları arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). Evli olan katılımcılar millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için bekâr olan katılımcılara göre daha fazla yeterli bulmaktadırlar.



Katılımcıların eğitim düzeyleri ile “millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli bulup bulmamaları” ve “millet bahçesinin sunduğu konfor olanaklarından memnun olup olmamaları” yargıla arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). Katılımcıların eğitim düzeyleri arttıkça millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli bulma düzeyleri ve millet bahçesinin sunduğu konfor olanaklarından memnurluk düzeyleri azalmaktadır.

Katılımcıların meslekleri ile millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli bulup bulmamaları arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). Öğrenciler millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için diğer meslek grubundaki katılımcılara göre daha az yeterli bulmaktadırlar.

Katılımcıların sahip oldukları çocuk sayıları ile millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli bulup bulmamaları arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). Katılımcıların çocuk sayıları arttıkça gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için millet bahçesini yeterli bulma düzeyleri artmaktadır.

Katılımcıların ikamet yerleri ile millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli bulup bulmamaları arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). Düzce merkezde yaşayan katılımcılar millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için ilçelerde yaşayan katılımcılara oranla daha yeterli bulmaktadırlar.

Katılımcıların Düzce’de yaşama süreleri ile millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli bulup bulmamaları arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). Katılımcıların Düzce’de yaşama süresi arttıkça gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için millet bahçesini yeterli bulma düzeyleri artmaktadır. Yılmaz (2023) yaptığı çalışmasında ziyaretçilerin Trabzon’da yaşam süreleri arttıkça millet bahçesine karşı geliştirdikleri deneyimlerinin, hatıralarının ve anılarının arttığını buna bağlı olarak da alanla bir bağ oluşturduklarını belirtmiştir.

Katılımcıların millet bahçesinde yetersiz buldukları faaliyet ve olanakların başında çim alanlar ( $2.34\pm 1.393$ ), bitkisel elemanlar ( $2.42\pm 1.350$ ) ve su elemanları ( $2.46\pm 1.431$ ) gelmektedir (Çizelge 7). Zülkadiroğlu (2022) Kahramanmaraş 15 Temmuz Millet Bahçesi’nin niteliklerini kullanıcı açısından incelediği çalışmasında kullanıcıların alanın doğallık parametresine en düşük puanları verdiği görülmektedir. Bunun nedeninin ise alanın kentsel dönüşüm ile revize edilmesinde etrafında bulunan bina, araç yolu gibi unsurlarla iç içe tutulmasının ve bu nedenle kullanıcıların kendilerini doğal bir ortamda hissedememelerinden kaynaklandığını söylemiştir. Küçükyazıcı ve ark. (2022) yaptıkları

çalışmada Bahçelievler Millet Bahçesi'nde kullanıcıların sosyal tesisin kapalı olmasını, otopark imkânının kısıtlılığını, tuvaletlerin yetersiz olmasını ve alanda mescit olmamasını parkın olumsuz özellikleri olarak gördüklerini belirtmişlerdir.

### Çizelge 7. Millet bahçesinde yetersiz bulunan faaliyetler ve olanaklar.

Seçenekler	Arit. Ort*	St. Sapma
<b>Çim alanlar</b>	<b>2.34</b>	<b>1.393</b>
<b>Bitkisel elemanlar</b>	<b>2.42</b>	<b>1.350</b>
<b>Su elemanları</b>	<b>2.46</b>	<b>1.431</b>
Yeme-içme alanları	2.62	1.429
Yürüyüş alanı	2.62	1.491
Otopark	2.64	1.479
Tuvalet sayısı	2.65	1.466
Uyarı ve bilgilendirme levhaları	2.81	1.495
Satış birimleri	2.85	1.450
Engelliler için ekipmanlar	2.87	1.609
Donatı elemanları (aydınlatma, çöp kutuları, oturma birimleri vb.)	3.01	1.438
Serbest oyun alanları	3.03	1.558
Çocuk oyun alanı	3.06	1.617

1: Kesinlikle katılıyorum, 2: Katılıyorum, 3: Fikrim yok 4: Katılmıyorum, 5: Kesinlikle katılmıyorum

Yapılan analizler sonucunda demografik özellikler ile millet bahçesinde yetersiz buldukları faaliyet ve olanaklar arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Katılımcıların %30.7'si millet bahçesinin şimdiki halini önceki halinden daha çok beğendiklerini, %30.5'i beğendiklerini belirtmişlerdir (Çizelge 8). Altıntaş ve Serdaroğlu Sağ (2022) Eskişehir Millet Bahçesi ile ilgili yapmış oldukları çalışmalarında, katılımcıların %84'ünün stadyum alanının millet bahçesine dönüşümünden memnun oldukları görülmüştür.

### Çizelge 8. Millet bahçesini beğenme durumu.

	Sayı (N)	Oran (%)
Millet bahçesini önceki hali ile karşılaştırdığınızda şimdiki hali ile nasıl değerlendirirsiniz?	<b>Çok beğeniyorum</b>	<b>126</b>
	<b>Beğeniyorum</b>	<b>125</b>
	Orta	103
	Beğenmiyorum	34
	Hiç beğenmiyorum	22
<b>Toplam</b>	<b>410</b>	<b>100</b>

Yapılan analizlere göre katılımcıların medeni durumu ile millet bahçesinin şimdiki halini beğenip beğenmemeleri arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). Evli olan katılımcılar bekar olanlara göre millet bahçesinin şimdiki halini çok daha fazla beğenmektedirler.

Yapılan analizlere göre katılımcıların ikamet yerleri ile millet bahçesinin şimdiki halini beğenip beğenmemeleri arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). Düzce merkezde yaşayan katılımcılar millet bahçesinin şimdiki halini beğenmektedirler.

Katılımcıların millet bahçesinde beğenmedikleri unsurlar sorgulandığında yeşil alanların az olması ( $2.44\pm 1.340$ ), aktivite çeşitliliğinin az olması ( $2.61\pm 1.305$ ), geçiş mekânı gibi olması ( $2.61\pm 1.502$ ) ve kent mobilyalarının kullanışsız olması ( $2.62\pm 1.499$ ) gelmektedir (Çizelge 9). Zülkadiroğlu (2022) çalışmasında millet bahçesinin yoğun olarak kullanılan bulvar üzerinde olmasından dolayı kullanıcıların millet bahçesini kontrol ve konforu açısından olumsuz bulduğunu belirlemiştir. Altıntaş ve Serdaroğlu Sağ (2022) yapmış oldukları çalışmalarında millet bahçesindeki kent mobilyalarının kullanışsız olduğunu ve bu nedenle de kullanılmadığını belirtmişlerdir.

### Çizelge 9. Millet bahçesi ile ilgili beğenilmeyen unsurlar.

Seçenekler	Arit. Ort*.	St. Sapma
Yeşil alanlarının az olması	2.44	1.340
Aktivite çeşitliliğinin az olması	2.61	1.305
Geçiş mekânı gibi olması	2.61	1.502
Kent mobilyalarının kullanışsız olması	2.62	1.499
Gürültülü olması	2.64	1.264
Çok kalabalık olması	2.67	1.277
Spor alanlarının olmaması	2.68	1.297
Restoran olmaması (yöresel lezzetlerin yenebileceği)	2.68	1.349

1: Kesinlikle katılıyorum, 2: Katılıyorum, 3: Fikrim yok 4: Katılmıyorum, 5: Kesinlikle katılmıyorum

Katılımcıların cinsiyet değişkeni ile millet bahçesi ile ilgili beğenilmeyen unsurlardan “çok gürültülü olması” ve “çok kalabalık olması” yargısı arasında istatistiksel anlamda bir ilişki bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). Erkeklerin kadınlara göre millet bahçesindeki kalabalıktan ve gürültüden daha fazla rahatsız oldukları belirlenmiştir. Zülkadiroğlu (2022) yaptığı çalışmasında katılımcıların alanla ilgili konfor parametrelerine düşük puan verdikleri bunda da ses ve gürültüden rahatsız olduklarından kaynaklanabileceğini belirtmiştir

## 4. Sonuçlar

Düzce Millet Bahçesi’nde yürütülen bu çalışma ile halkın yenileme çalışması yapılan millet bahçesine dair görüşlerinin, genel memnuniyetlerinin ve ihtiyaçlarını karşılamadaki yeterliliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada; kadın, 16-25 yaş aralığında, bekâr, lisans mezunu, öğrenci ve aylık geliri 4.253 TL altında, çocuk sahibi olmayan, Düzce merkezde yaşayan ve 0-5 yıl arası Düzce’de bulunan bireylerin katılımcılar arasında ağırlıklı olduğu görülmüştür. Millet bahçesinde ankete katılanların alana yürüyerek geldikleri, 16-30

dakika arası sürede ulaştıkları, çoğunluğunun hafta sonu geldiği, haftada bir veya birkaç kez geldiği, 30-60 dakika arası vakit geçirdikleri, akşam (17:00-20:00) saatlerini tercih ettikleri ve arkadaş/komşuları ile geldikleri belirlenmiştir.

Katılımcıların millet bahçesine dinlenmek, yürümek ve geçiş amaçlı geldiklerinin yanı sıra diğer mekânlara (bankalar, valilik, AVM vb.) yakın olduğu, beğendikleri ve ulaşımı kolay olduğu için tercih ettikleri belirlenmiştir. Bunda genel olarak millet bahçesinin konumu itibarı ile Düzce'nin merkezinde bulunmasının, etrafında resmi kurumlar, iş, alışveriş ve konutların olmasının yanı sıra kentin en önemli kamusal alanı niteliğinde olması da etkilidir.

Katılımcıların millet bahçesinden genel memnuniyetlerine bakıldığında; millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli buldukları, ulaşılabilirlik ve sosyalleşme olanaklarından memnun oldukları ve alanı güvenli buldukları belirlenirken; konfor ve aktivite olanaklarından memnun olmadıkları belirlenmiştir. Bu memnuniyetsizliklerinde millet bahçesinde hem yetişkinler hem de farklı yaş grubunda çocuklar için uygun olabilecek açık-kapalı spor alanları, fitness alanları, yürüyüş yolları, bisiklet yolları, restoran, gölet vb. aktivite alanlarının olmaması etkili olmuştur. Bu nedenle millet bahçesinde bulunan rekreasyon faaliyetlerinin sayısı ve çeşidi artırılmalıdır.

Katılımcılardan kadınlar, evli olanlar, çocuk sayısı fazla olanlar, Düzce merkezde yaşayanlar ve uzun süredir Düzce'de yaşayanlar millet bahçesini gerçekleştirmek istedikleri kullanımlar için yeterli bulurken; yaşları 16-25 arası olanlar, eğitim düzeyi düşük olanlar ve öğrenciler yetersiz bulmaktadır. Katılımcılardan erkeklerin millet bahçesini daha güvenli buldukları, yaşları 16-25 arası olanların millet bahçesinin sunduğu aktivite olanaklarından ve eğitim düzeyi yüksek olanların sunduğu konfor olanaklarından memnun kalmadıkları belirlenmiştir. Bunda ise genel olarak millet bahçesinde oturma elemanlarının kullanışsız olması, üstü kapalı oturma mekânlarının olmaması hatta oturma elemanlarının yolların üstünde konumlanıp birçoğunun sırt kısmının olmaması, aydınlatmanın yetersiz olması, alanın geçiş mekânı gibi olmasından kaynaklı olarak gürültülü, kalabalık olması ve alanın giriş çıkışının belli olmamasının etkili olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle insanların oturmak, dinlenmek ve gözlem yapmak amacı ile uzun ve kısa süreli kullandıkları oturma elemanları gerek yerleştiği konum gerekse malzeme ve ergonomik açıdan kullanışlı hale getirilmelidir. Alanda katılımcıları özellikle kış aylarında yağmurdan yaz aylarında ise güneşten koruyacak şekilde korunaklı oturma alanlarına yer verilmelidir. Ayrıca gölge yapacak geniş taç yapısını sahip bitkilere yer verilerek yaz aylarında parkı kullanan katılımcılar için konfor sağlanmalıdır. Yine alanda iyi planlanmış aydınlatma elemanlarına

yer verilerek alanın gece kullanımına da olanak sağlanmalıdır. Çünkü alanda yapılan aydınlatmaların daha çok estetik ön plana alınarak tasarlandığı görülmekte olup güvenlik açısından da ele alınması gerekmektedir.

Katılımcılar millet bahçesindeki çim alanları, bitkisel elemanları ve su elemanlarını yetersiz buldukları olanakların başında göstermektedir. Çim ve bitkisel elemanların yetersiz bulunmasının nedeni çalışma alanının millet bahçesine dönüştürülmeden önce İnönü Parkı ve Avni Akyol Parkı olarak hizmet verirken daha çok çim alan ve yeşil alanlara sahip olmasının ekili olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle millet bahçesinde bitkilendirme çalışmalarına gidilmeli, bitki türleri tercih edilirken renk, doku gibi özellikleri olan bitkiler seçilerek millet bahçesinin görsel manzarası ve kalitesi arttırılmalıdır.

Katılımcıların yarısından fazlası millet bahçesinin şimdiki halini eski halinden çok daha fazla beğenmektedir. Evli olan ve Düzce merkezde yaşayan katılımcıların millet bahçesinin şimdiki halini beğendikleri belirlenmiştir. Katılımcıların millet bahçesinde beğenmedikleri unsurların başında yeşil alanların ve aktivite çeşitliliğinin az olması ve geçiş mekânı gibi olması gelmektedir. Erkeklerin millet bahçesindeki kalabalıktan ve gürültüden rahatsız oldukları belirlenmiştir. Bunun nedenin ise alanın revize edilirken çevresinde bulunan yapı, yol, iş merkezleri, kafe, restoran vb. kullanımlarla ilişkisi kesilmeyip buralardan kaynaklanan trafik gürültüsü, müzik gürültüsü, insan yoğunluğunun etkisi altında kalması ve doğal bir ortam oluşturulmamış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle millet bahçesinin katılımcılar tarafından yetersiz bulunan yeşil alanları tekrar ele alınmalı; bitkilendirme çalışmalarında uygun bitki seçimi ve tasarımı yapılarak hem Düzce kentinin ekolojisine katkı sağlanırken hem de millet bahçesinin daha doğal ortama dönüştürülmesi sağlanabilir.

Katılımcıların millet bahçesinin kullanımının artırılması ile ilgili önerilerinin sorulduğu açık uçlu soruya verdikleri cevaplar incelendiğinde; çoğunlukla alanda gölge yaratacak ağaçların, çim alanların, yeşil alanların ve aktivite çeşitliliğinin arttırılmasını istedikleri görülmektedir. Ayrıca alana restoran gibi yeme içme alanları, çardak gibi oturma alanları ve spor aletlerinin eklenmesini, mevcuttaki oturma birimlerinin ergonomik açıdan rahatız olduğunu ve üstlerinde yağışa karşı korunak ve gölgeleme elemanlarının olmadığını belirtmişlerdir. Kimi katılımcılar ulaşımda sorun yaşadıklarını, otopark sıkıntısı çektiklerini, tuvalet sayısının ve aydınlatmanın az olduğunu, gece kullanımında alanın karanlık olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca katılımcılar alanın çok kalabalık ve gürültülü oluşundan rahatsız olduklarını ve alanın geçiş mekânı gibi olmasından hoşnut olmadıklarını belirterek alana yürüyüş ve bisiklet yollarının eklenmesini istemektedirler.

Bunların yanında millet bahçesi şehrin merkezinde kolaylıkla ulaşılabilecek bir mevkide yer alması, törenler, festivaller, konserler, resim sergileri, ramazan etkinlikleri, film gösterileri gibi çeşitli sanatsal, sosyal, kültürel etkinliklerin düzenlendiği mekân olması, doğal bir afette toplanma merkezi olabilecek mevki ve büyüklükte olması, şehrin merkezinde insanların nefes alabileceği bir ortam olması gibi olumlu özellikleri de taşımaktadır.

Sonuç olarak; kentlerin yapısal bütünlüğü içerisinde millet bahçesi tasarımlarının insanların sosyalleşebilmeleri, doğa içerisinde vakit geçirebilmeleri, aktif ve pasif rekreasyonel etkinlikleri gerçekleştirebilmeleri için uygun ortam sunmaları gerekmektedir. Millet bahçelerinin her yaş grubuna ve kitleye hitap edebilecek nitelikte, kentlerin fiziksel, sosyal ve kültürel özelliklerinin yansıtıldığı, kentsel yaşam kalitesinin artırılması için korum-kullanma dengesi içerisinde sürdürülebilir, kendi kendine yeten kaynakların kullanıldığı, kent ekosistem ile uyumlu, ekolojik, ekonomik, estetik, doğa dostu planlama ve tasarım yaklaşımı ile yapılması gerekmektedir. Bunun için bu millet bahçeleri planlanırken alt ve üst ölçekli planlar arasındaki uyum, alanın çevresindeki mevcut kullanımlarla ilişkileri, yerel kimlik değerleri göz önüne alınmalı, sürdürülebilir evrensel tasarım ilkeleri benimsenerek projelerin ekonomik, sosyal, tasarım ve yasal açısından oluşturacağı etkiler bütüncül olarak değerlendirilmelidir. Bu bağlamda peyzaj mimarlığı planlama ve tasarım kriterleri ışığında millet bahçelerinin tasarımının gerçekleştirilmesi; planlama ve tasarım aşamalarında halkın eğilim ve beklentilerinin dikkate alınması bu alanları daha kullanışlı hale getirecektir. Böylece millet bahçeleri kent ve kentli ile bütünleşerek, kent kimliğini ortaya koyacak ve sürdürülebilir olacaktır.

## **Teşekkür**

Saha çalışmalarının yürütülmesi sırasında desteklerini aldığım Fatma Ateşel, Esra Ersoy ve Sümeyye Türkmen'e teşekkür ederim.

## Kaynaklar

- Altıntaş, G., ve Serdaroğlu Sağ, N. (2023). Eski stadyum alanından yeni millet bahçesine: Eskişehir kent merkezinde bir dönüşüm örneği. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 12(26), 12-36.
- Anonim, (2024a). <https://www.lafsozluk.com/2009/02/akcakoca-nerededir-nereye-baglidir.html>. Erişim tarihi: 18.10.2024
- Anonim, (2024b). <https://earth.google.com/web/search/düzce+anıtpark+meydanı>. Erişim tarihi: 18.10.2024
- Anonim, (2022). [https://www.nufusu.com/ilce/merkez\\_duzce-nufusu](https://www.nufusu.com/ilce/merkez_duzce-nufusu). Erişim tarihi: 18.04.2022.
- Çelik, F. (2018). Geç Osmanlı Dönemi kentsel mekanda batılılaşma etkileri: Konya Millet Bahçesi. *Selçuk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Dergisi*, 44, 331-350.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Millet Bahçeleri Rehberi, (2020). Erişim adresi: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/eduardosya/milletbahcesirehber.pdf>, Erişim tarihi:01.10.2024.
- Erdönmez, E. M. (2005). 'Açık kamusal kent mekânlarının toplumsal ilişkileri yapılandırmadaki rolü, Büyükdere - Levent - Maslak aksı', Yayımlanmış Doktora Tezi Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erdönmez, E., & Çelik, F. (2016). KENTSEL mekânda kamusal alan ilişkileri. *TÜBA-KED Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi* (14), 145-163.
- Kalaycı, Ş. (2009). *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*, Ankara: Asil Basın Yayın Dağıtım.
- Karaşah, B., ve Aşık, S. (2021). Sosyal etkileşim ortamı olan kent parklarında kullanıcı tercihlerinin belirlenmesi: Artvin-Hopa örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2), 183-191.
- Küçükayzıcı, U., Oskay, B., Töre, E., Gökşin, Z. A., Erkan Yazıcı, Y., Iavarone, A. H., ve Şen, Ş. (2022). Bahçelievler Millet Bahçesi katılımcı tasarım uygulamasında bir aktör olarak üniversite: Katılım merdiveni üzerinden bir değerlendirme. *Planning*, 32(2), 312-328.
- Köksaldı, E., ve Asilsoy B. (2020). Kent parklarında kullanıcı algısı: Lefkoşa Çağlayan Parkı. *Journal of Near Architecture* 3(2), 1-23.
- Memlük, Y. (2017). Osmanlı Modernleşmesi ile Ortaya Çıkan Bir Kentsel Mekân Olarak Millet Bahçeleri, Erişim adresi: [http://www.skb.gov.tr/osmanli-modernlesmesi-ile-](http://www.skb.gov.tr/osmanli-modernlesmesi-ile)

ortaya-cikanbir-kentsel-mekan-olarak-millet-bahceleri-s25212k/ Erişim tarihi: 20.10.2024.

- Özdamar, K. (2002). *Paket programlar ile istatistiksel veri analizi*, Kaan Kitabevi.
- Rüştü, C. (2001). *Türk çiçek ve ziraat kültürü üzerine - Cevat Rüştü'den bir güldeste*. (N. H. Polat, Dü.) İstanbul: Kitabevi Yayınları.
- Sağlık, A., Kelkit, A., Temiz, M., Sağlık E., ve Bayram, M. İ. (2019). Millet bahçesi kavramı: Kahramanmaraş İli örneği, *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Kış Sayı Ek-1 Özel Sayı*, 11-30.
- Sarıkaya, M. (2007). 'Göksu Parkı'nın (Eryaman- Ankara) mevcut kullanımını ve kullanıcı beklentilerinin irdelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tanyeli, U. (2005), *Kamusal mekân-özel mekan: Türkiye'de bir kavram çiftinin icadı*, Genişleyen Dünyada Sanat, Kent ve Siyaset: 9. Uluslararası İstanbul Bienali, 199-20, İstanbul.
- TUİK, (2022). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-SonucLari-2022-49685>. Erişim tarihi:18.04.2022
- Uzun, S., Müderrisoğlu, H., ve Akıncı Kesim, G. (2005). Kentsel alanlardaki parklarda kullanıcı memnuniyeti: Düzce İnönü Parkı örneği. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ormancılık Dergisi, 1(2)*, 111- 124.
- Uzun, S., ve Müderrisoğlu, H. (2007). Kırsal ve kentsel alanlardaki parklarda kullanıcı memnuniyeti; Gölcük Orman İçi Dinlenme Alanı ve İnönü Parkı örneği. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 3(2)*, 84-101.
- Uzun, S., Ve Pehlivan, G. (2018). *Kent meydanı kullanım işlevlerinin Düzce Anıtpark Meydanı örneğinde irdelenmesi*. Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu: Değişim/Dönüşüm/Özgünlük, 53-61, Eskişehir.
- Yamane, T. (2010). *Temel örnekleme yöntemleri*. (A. Esin, C. Aydın, M. A. Bakır, E. Gürbüzsöl, Çev.) İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Yılmaz, R. (2023). 'Millet bahçelerinde yer deneyimi ve yer kalitesi kavramlarının yeniden ziyaret etme eğilimine etkisi', Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zülkadiroğlu, D. (2022). Millet bahçelerinde alan niteliklerinin kullanıcı açısından incelenmesi: Kahramanmaraş 15 Temmuz Millet Bahçesi örneği. *ArtGRID - Journal of Architecture Engineering and Fine Arts, 4(1)*, 41-56.



## Orman Fakültesi Öğrencilerinin Uzaktan Eğitim Deneyimlerinin İrdelenmesi (Düzce Üniversitesi)

### Investigation of the Distance Education Experiences of Forestry Faculty Students (Düzce University)

 Muhammet ÇİL<sup>1</sup>

#### Özet

COVID-19 Pandemisi nedeniyle çevrimiçi uzaktan eğitim, eğitim hayatının önemli bir parçası haline gelmiştir. Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi Türkiye de salgının etkisini ve yayılmasını azaltmak için çevrimiçi uzaktan eğitim uygulamasını hayata geçirmeye başlamıştır. Çevrimiçi uzaktan eğitim uygulamasının öğrenciler üzerindeki etkileri eğitimde tartışılan önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada, 2023-2024 eğitim öğretim döneminde, Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi bölümlerinde eğitim gören öğrencilerin uzaktan eğitime yönelik deneyimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında öğrencilere yönelik elde edilen bu deneyimlerin tespit edilmesi ve bunlara uygun önerilerin sunulması önem arz etmektedir. Bu amaç doğrultusunda farklı sınıf düzeylerinden 67 öğrenciden veri elde edilmiştir. Çalışmada veri elde etme aracı olarak araştırmacılar tarafından geliştirilen anket formundan yararlanılmış ve anketler öğrencilere yüz yüze görüşme yöntemiyle uygulanmıştır. Öğrencilerin uzaktan eğitime yönelik deneyimleri göz önünde bulundurulduğunda mevcut koşullar altında uzaktan eğitim platformlarının uygulanabilir bir platform olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** COVID-19, Uzaktan eğitim, Orman fakültesi, Düzce Üniversitesi.

#### Abstract

Owing to the COVID-19 Pandemic, online distance education has become an important part of educational life. As in many countries worldwide, Turkey has started to implement online distance education to reduce the impact and spread of the pandemic. The effect of online distance education on students has become an important issue in education. This study aimed to determine the experiences of students studying in the Düzce University Faculty of Forestry departments for distance education in the 2023-2024 academic year. Within the scope of this study, it is important to identify students' experiences and provide appropriate suggestions. For this purpose, data were obtained from 67 students in different grades. The questionnaire form developed by the researchers was used as a data collection tool, and the questionnaires were administered to the students through face-to-face interviews. Considering the students' experiences with distance education, it was concluded that distance education platforms are viable under the current conditions.

**Keywords:** COVID-19, Distance education, Faculty of forestry, Düzce University.



## 1. Giriş

COVID-19 pandemi döneminde zorunlu olarak uygulanmış olan uzaktan eğitim, pandeminin devam etmesi ve doğal afetlerin meydana gelmesi ile sınırlı da olsa günümüzde halen uygulanmaktadır. Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte öğrencilerin modern iletişim teknolojilerini kullanarak belli plan ve program dahilinde istedikleri anda eğitim almaları kolaylaşmıştır (Gündüz ve ark., 2018).

Bu süreçte bilgisayar ağları uzaktan eğitimin gelişiminde vazgeçilmez bir rol oynamaktadır. Bilgi teknolojisinin sürekli gelişmesiyle birlikte, bilgisayar ağı insanların yaşamının önemli bir parçası haline gelmiş ve uzaktan eğitim uygulamasına dayalı çalışmalar da giderek daha kapsamlı hale gelmiştir. Ağ ortamındaki eğitim yöntemlerinden biri olan uzaktan eğitim, bilgisayar ağı temelinde zaman ve mekân sınırlamasını kırarak insanların daha fazla seçenekle daha çeşitli eğitim alabilmelerini sağlamaktadır (Zeyu, 2022). Bunun yanı sıra insanlar, internet platformu aracılığıyla dünyadaki öğretim kaynaklarını öğrenmek için, ağ aracılığıyla uzmanlarla ve öğrencilerle gerçek zamanlı olarak etkileşimde bulunabilmektedirler. Bu sayede insanlar bilgilerini paylaşabilir, tartışabilir ve öğretim içeriklerini istedikleri zaman değiştirebilir ve tamamlayabilirler (Lin, 2024).

Uzaktan eğitim ile öğrenciler ağ aracılığıyla daha kapsamlı ve zengin öğretim kaynaklarına erişebilmekte ve akademisyenler de ağ aracılığıyla daha esnek ve uygun öğretim yöntemleri oluşturabilmektedirler. Uzaktan eğitim aracılığıyla, öğrenciler ve akademisyenler arasındaki iletişim ve etkileşim etkili bir şekilde teşvik edilerek, bu sayede genel öğretim kalitesi de iyileştirilmektedir (Lin, 2024).

Uzaktan eğitim programları sunan üniversitelerin sayısının artması, derslerin çeşitlenmesi ve bu programlara başvuran öğrenci sayısının yükselmesi, verilen eğitimin olabildiğince verimli olup olmadığı sorusunu gündeme getirmektedir. Bu nedenle araştırmacılar çevrimiçi etkinlikleri geliştirmeye ve iyileştirmeye devam etmektedirler (Kör ve ark., 2016). Ayrıca, herhangi bir nedenle lisans, yüksek lisans veya doktora eğitimine devam edemeyen bireyler de artık uzaktan eğitim yoluyla bunu yapabilmektedir. Dolayısıyla uzaktan eğitim bireylere fırsat eşitliği de sunmaktadır (Kör ve ark., 2013).

Uzaktan eğitim ile gerçekleşen öğrenme sürecinde, başarıya etki eden faktörlerin ve yaşanan olumsuz durumların öğrenciler açısından ortaya çıkarılması, nitelik yönünden uzaktan eğitim uygulamalarının geliştirilmesine önemli katkı sağlayacaktır. Bu nedenle bu çalışmada, 2023-2024 eğitim öğretim döneminde, Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi

bölümlerinde okuyan lisans öğrencilerinin uzaktan eğitim ve platformlarına yönelik deneyimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## **2. Materyal ve Yöntem**

### **2.1. Materyal**

Bu çalışma, Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi bünyesinde yer alan dört farklı bölümde (Orman endüstri mühendisliği bölümü, Orman mühendisliği bölümü, Ağaç işleri endüstri mühendisliği bölümü ve Peyzaj mimarlığı bölümü) okuyan öğrenciler arasında gerçekleştirilmiştir. 2023-2024 eğitim öğretim döneminde, bu dört farklı bölümde 2, 3 ve 4. sınıfta eğitim gören toplam 518 lisans öğrencisi çalışmanın evrenini oluşturmuştur. Oluşturulan bu evrene Düzce Üniversitesi çevrimiçi uzaktan eğitim sistemi uygulamasına katılmayan 1. sınıf öğrencileri dâhil edilmemiştir. Çalışma kapsamında yapılması gereken minimum anket sayısı; %90 güven düzeyi ve %10 hata payı dikkate alınarak hesaplanmış ve 60 anket olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda toplam 67 lisans öğrencisine ulaşılmıştır.

### **2.2. Yöntem**

Çalışma kapsamında dört farklı bölümde okuyan lisans öğrencilerinden veri elde etmek amacıyla literatürde yer alan bilimsel çalışmalardan yararlanılarak araştırmacılar tarafından anket formu geliştirilmiştir (İbileme ve ark., 2021; Özyürek ve ark., 2016; Turan ve Gürol, 2020). Lisans öğrencilerine yönelik geliştirilen bu anket formu, 28 farklı soru ve 23 farklı yargıdan oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan anket formu üç bölümden oluşmaktadır. Anket formunun ilk bölümünde, katılımcı öğrencilerin bazı demografik özellikleri sorgulanmıştır. Anket formunun ikinci bölümünde, tüm katılımcı öğrencilerin (2, 3 ve 4. Sınıf) Düzce Üniversitesi çevrimiçi uzaktan eğitim ve platformlarına yönelik deneyimleri (hem Covid-19 pandemisi dönemi hem de 6 Şubat depremi süreci) sorgulanmıştır. Anket formunun üçüncü ve son bölümünde ise, COVID-19 pandemi sürecini yaşayan 3 ve 4. sınıf öğrencilerinin COVID-19 pandemi sürecine ilişkin uzaktan eğitim deneyimleri beşli likert ölçek (1:kesinlikle katılmıyorum; 5:kesinlikle katılıyorum) yardımıyla irdelenmiştir.

Katılımcı öğrencilerden elde edilen anket formlarının istatistiksel analizleri, Statistical Software for Social Sciences (SPSS, 2021) paket programıyla yapılmıştır. Anket formunda bulunan değişkenler SPSS paket programında kodlanarak, her bir aşama için veri seti oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında verilere öncelikle geçerlilik ve güvenilirlik analizi testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlardan sonra veri setinde öncelikle tanımlayıcı

istatistikler yardımıyla (ortalama ve standart sapma değerleri) veri setinin tanımlayıcı istatistikleri belirtilmiştir. Daha sonra çalışmada ele alınan uzaktan eğitime yönelik faktörler ile bazı demografik özelliklerin farklılık gösterip göstermediğini ortaya çıkarmak için ki-kare testinden yararlanılarak test edilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Geçerlilik ve Güvenilirlik Analizi

Kullanılan ölçeğin güvenilirlik düzeyi Cronbach's alpha katsayısı ile tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen güvenilirlik analizleri sonucunda, anket ölçeğinin genel güvenilirlik değerinin (Cronbach's alpha katsayısı) 0.902 ve alt ölçeklerin güvenilirlik sonuçlarının da, 0.835 ile 0.919 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan geçerlilik analizi sonucunda da Kaiser-Mayer-Olkin (KMO) değerinin 0.790 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

#### Çizelge 1. Anket ölçeğinin geçerlilik ve güvenilirlik analizi sonuçları.

Çalışma Türü	Güvenilirlik	Geçerlilik	
	Cronbach's $\alpha$ Değeri	KMO Değeri	Barlett Değeri
Uzaktan eğitim platformları	0.878	0.790	1028.836
Uzaktan eğitim deneyimi	0.835		
COVID-19 pandemi sürecinde yapılan uzaktan eğitim deneyimleri	0.919		
COVID-19 pandemi sürecinde sınıf ortamı	0.895		
Tüm anket ölçeği sonucu	0.902		

Not: KMO= Kaiser-Mayer-Olkin

Bu sonuçlar neticesinde, kullanılan ölçeğin hem güvenilirlik ve hem de geçerlilik açısından herhangi bir sorun teşkil etmediği tespit edilmiştir (Kalaycı, 2010; Özdamar, 2010).

#### 3.2. Demografik Değerlendirmeler

Çalışma kapsamında rastgele örneklem yöntemiyle ulaşılan öğrencilere ait demografik bilgiler Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2. Katılımcı öğrencilerin demografik bilgileri.**

Demografik Bilgiler				Demografik Bilgiler			
		Sıklık	%		Sıklık	%	
Yaş (Yıl)	<21	10	14.9	Sınıf	2	27	40.3
	21 - 24	50	74.6		3	30	44.8
	>24	7	10.4		4	10	14.9
	Toplam	67	100		Toplam	67	100
Cinsiyet	Bayan	28	41.8	Aylık harcama durumu (TL)	<5000	22	32.8
	Erkek	39	58.2		5000 - 10000	38	56.7
	Toplam	67	100		>10000	7	10.4
Medeni durum	Evli	3	4.5	Toplam	67	100	
	Bekâr	67	95.5	Aile birey sayısı	2	2	3.0
	Toplam	67	100		3	11	16.4
Bölüm	Oem	34	50.7		4	21	31.3
	Om	5	7.5		>4	33	49.3
	Aiem	19	28.4	Toplam	67	100	
	Pm	9	13.4	Burs-kredi alma	Evet	34	50.7
	Toplam	67	100		Hayır	33	49.3
Doğum yeri	İl merkezi	42	62.7		Toplam	67	100
	İlçe merkezi	24	35.8	Alttan ders alma	Evet	55	82.1
	Köy	1	1.5		Hayır	12	17.9
	Toplam	67	100		Toplam	67	100
Bölüm hakkında bilgi	Evet	41	61.2	Bölüm değiştirme isteği	Evet	18	26.9
	Hayır	26	38.8		Hayır	49	73.1
	Toplam	67	100		Toplam	67	100

Aiem; Ağaç işleri endüstri mühendisliği, Oem; Orman endüstri mühendisliği bölümü, Om; Orman mühendisliği; Pm; Peyzaj mimarlığı, TL; Türk Lirası.

Çizelge 2 irdelendiğinde; katılımcı öğrencilerin yarısından fazlasının yaşlarının 21-24 yaş grubu arasında olduğu ve yaşlarının ortalama değerinin 21.8 olduğu saptanmıştır. Katılımcı öğrencilerin ağırlıklı olarak %44.8 oranında 3. sınıf öğrencisi olduğu belirlenmiştir. Erkek öğrenci sayısı oranının (%58.2), bayan öğrenci sayısı oranından (%41.8) fazla olduğu ve öğrencilerin %95.5'inin bekâr olduğu tespit edilmiştir. Katılımcı öğrencilerin %50.7'sinin orman endüstri mühendisliği bölümünde okudukları belirlenmiştir.

Katılımcı öğrencilerin yarısından fazlasının (%62.7) doğum yerinin il merkezi olduğu tespit edilmiştir. Katılımcı öğrencilerin aylık harcamaları irdelendiğinde, %56.7'sinin 5000-10000 TL arasında harcama yaptıkları belirlenmiştir. Öğrencilerin %80.6'sının aile birey sayısının 4 ve daha fazla birey olduğu belirlenmiştir.

Katılımcı öğrencilerin çoğunluğunun (%61.2) okudukları bölüm hakkında daha öncesinde bilgi sahibi oldukları ve %73.1'inin okudukları bölümü değiştirme gibi bir niyetlerinin olmadığı tespit edilmiştir. Öğrencilerin %50.7'sinin burs veya kredi aldıkları ve %82.1'inin alttan ders aldıkları tespit edilmiştir (Çizelge 2).

### 3.3. Öğrencilerin Uzaktan Eğitim Platformlarına Yönelik Değerlendirmeleri

Katılımcı öğrencilerin uzaktan eğitim platformlarına ilişkin yargılarına ait sonuçlar Çizelge 3’de verilmiştir.

**Çizelge 3.** Öğrencilerin uzaktan eğitim platformlarına ilişkin yargıları.

Yargılar	Ortalama*	Standart Sapma
Uzaktan eğitim için kullanılan platformları kullanmak kolaydı	3.85	1.048
Uzaktan eğitim için kullanılan platformlara ulaşmak için gerekli bilgilere ulaşabildim	3.73	1.122
Uzaktan eğitim için kullanılan platformların kullanımına ilişkin bilgiler açık ve netti	3.58	1.116
Uzaktan eğitim için kullanılan platformları kullanırken bir sorun yaşadığımda yardım almada sorun yaşamadım	3.18	1.313

\* (1 Kesinlikle katılmıyorum; 2 Katılmıyorum; 3 Kararsızım; 4 Katılıyorum; 5 Kesinlikle katılıyorum)

Katılımcı öğrencilere yönelik uzaktan eğitim platformu yargıları irdelendiğinde, ağırlıklı olarak öğrencilerin uzaktan eğitim esnasında kullanılan ara yüzlerden kaynaklı çok sorunlar yaşamadığı söylenebilir. Katılımcı öğrenciler “Uzaktan eğitim için kullanılan platformların kullanımının kolay” olduğuna en yüksek oranda katılım göstermişlerdir. Öğrencilere göre “Uzaktan eğitim platformlarını kullanırken bir sorun yaşadığımda yardım almada sorun yaşamadım” yargısı ise ortalaması en düşük olan ve en çok sorun yaşanan yargı olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Katılımcı öğrencilere ait bazı demografik özellikler ile öğrencilerin uzaktan eğitim platformlarına yönelik yargıları arasındaki farklılıkları ortaya çıkarmak için ki-kare testi uygulanmıştır. Uygulanan ki-kare testi sonucunda, bazı demografik değişkenler (cinsiyet, yaş, medeni durum ve doğum yeri) ile uzaktan eğitim platformlarına yönelik yargılar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ( $p>0,05$ ).

Katılımcı öğrencilerin eğitim gördükleri bölümler ile uzaktan eğitim platformlarına yönelik yargılar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Yapılan ki-kare analizi sonucunda orman endüstri mühendisliği bölümünde okuyan öğrencilerin diğer bölümlerde okuyan öğrencilere göre uzaktan eğitime yönelik kullanılan platformların kullanımını daha kolay buldukları belirlenmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Öğrencilerin eğitim gördükleri bölümlere ait Ki-kare testinden elde edilen sonuçlar.

Uzaktan Eğitim Platformlarına Yönelik Yargılar	Bölüm (OEM, OM, AİEM ve PM)		
	Ki-kare	sd	p
Uzaktan eğitim için kullanılan platformları kullanmak kolaydı	29,702	5	0,003*
Uzaktan eğitim için kullanılan platformlara ulaşmak için gerekli bilgilere ulaşabildim	10,831	4	0,543
Uzaktan eğitim için kullanılan platformların kullanımına ilişkin bilgiler açık ve netti	11,609	4	0,478
Uzaktan eğitim için kullanılan platformları kullanırken bir sorun yaşadığımda yardım almada sorun yaşamadım	14,212	5	0,287

sd: Serbestlik derecesi, p: Anlamlılık düzeyi, \*:  $p<0,05$  düzeyinde

### 3.4. Öğrencilerin Uzaktan Eğitim Deneyimleri

Katılımcı öğrencilerin uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin yargılarına ait sonuçlar Çizelge 5’de verilmiştir.

**Çizelge 5. Öğrencilerin uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin yargıları.**

Yargılar	Ortalama*	Standart Sapma
Uzaktan eğitim derslerinde çeşitli kaynaklar kullanıldı (slaytlar, ek egzersizler, videolar, oyunlar, web siteleri vb.)	3.75	1.132
Uzaktan eğitimde ödevler miktar olarak yeterliydi	3.46	1.283
Uzaktan eğitim derslerinde kullanılan kaynaklar öğrenmeyi kolaylaştırdı	3.31	1.221
Uzaktan eğitimde verdiğim ödevler derslerde kendimi geliştirmeme yardımcı oldu	3.19	1.406
Uzaktan eğitim ile derslerdeki becerilerimi geliştirmeme yardımcı olan etkinlikler okulda yapıldı	2.87	1.289

\* (1 Kesinlikle katılmıyorum; 2 Katılmıyorum; 3 Kararsızım; 4 Katılıyorum; 5 Kesinlikle katılıyorum)

Öğrencilerin uzaktan eğitim deneyimlerine yönelik yargılar incelendiğinde, yapılan değerlendirmeler sonucunda ders sorumlularınca slayt, ek ödevler, videolar, önerilen web siteleri gibi çeşitli yöntemlerle derslerin zenginleştirildiğine katılımcı öğrenciler en yüksek oranda katılım göstermişlerdir (Çizelge 5). Kör ve ark. (2014) tarafından uzaktan öğrenmede eğitim materyallerinin etkinliği araştırılmıştır. Bu araştırma çalışmasında, animasyon, simülasyon ve etkileşimli uygulamaların ders materyali hazırlama sürecinde daha az kullanıldığını gözlemlemiştir. Uzaktan eğitimde kullanılan eğitim materyallerinin, görsel zenginliği daha iyi anlamayı teşvik ettiği, dersleri daha keyifli hale getirdiği ve öğrencilerin motivasyonunu artırdığı ileri sürülmüştür. Basilaia ve ark. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada, uzaktan öğrenme araçlarının video konferans ve önceden kaydedilmiş dersler sunması ve öğrenci tartışmaları ve anında geri bildirim sağlaması gerektiği sonucuna varmışlardır. Yıldız (2020) yaptığı çalışmasında, çeşitli ders materyallerinin kullanılmasının öğrencilerin ilgisini çektiğini ve derse katılımını teşvik ettiğini belirtmiştir.

Katılımcı öğrenciler uzaktan eğitim esnasında okulda yapılması gereken etkinliklerin yeterince yapılamamasından dolayı derslerdeki becerilerinin gelişmediğini belirtmişlerdir (Çizelge 4). Turan ve Gürol (2020) lisans öğrencilerinin uzaktan eğitime ilişkin görüşlerini incelediği çalışmasında, katılımcı öğrencilerin uzaktan eğitimde yapılan laboratuvar derslerini verimli bulmadıklarını ve zorlandıklarını ifade etmişlerdir.

Katılımcı öğrencilere ait bazı demografik özellikler (cinsiyet, yaş, medeni durum ve doğum yeri) ile öğrencilerin uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin yargıları arasındaki farklılıkları ortaya çıkarmak için yapılan ki-kare testi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ).

Katılımcı öğrencilerin eğitim gördükleri bölümler ile uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin yargılar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). Buna



bağlı olarak, okuduğu bölüm orman endüstri mühendisliği olan öğrenciler diğer bölümlerde okuyan öğrencilere göre öğrenme noktasında uzaktan eğitim derslerinde kullanılan kaynakların daha etkili olduğunu ve uzaktan eğitim derslerinde çeşitli kaynakların kullanıldığını belirtmişlerdir (Çizelge 6).

### Çizelge 6. Öğrencilerin uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin Ki-kare testinden elde edilen sonuçlar.

Uzaktan Eğitim Deneyimlerine İlişkin Yargılar	Bölüm (OEM, OM, AİEM ve PM)		
	Ki-kare	sd	p
Uzaktan eğitim derslerinde çeşitli kaynaklar kullanıldı (slaytlar, ek egzersizler, videolar, oyunlar, web siteleri vb.)	17,209	3	0,001*
Uzaktan eğitimde ödevler miktar olarak yeterliydi	12,509	3	0,406
Uzaktan eğitim derslerinde kullanılan kaynaklar öğrenmeyi kolaylaştırdı	18,147	4	0,005*
Uzaktan eğitimde verdiğim ödevler derslerde kendimi geliştirmeme yardımcı oldu	14,992	4	0,242
Uzaktan eğitim ile derslerdeki becerilerimi geliştirmeme yardımcı olan etkinlikler okulda yapıldı	17,879	5	0,119

sd: Serbestlik derecesi, p: Anlamlılık düzeyi, \*: p<0,05 düzeyinde

### 3.5. Öğrencilerin COVID-19 Pandemi Sürecine Ait Uzaktan Eğitim Deneyimleri

Katılımcı öğrencilerin COVID-19 pandemi sürecine ilişkin uzaktan eğitim deneyimlerine ait sonuçlar Çizelge 7’de verilmiştir.

### Çizelge 7. Öğrencilerin COVID-19 pandemi sürecinde yapılan uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin yargıları.

Yargılar	Ortalama*	Standart Sapma
Uzaktan eğitimde bir sorunum olduğunda hocaya ulaşabiliyordum	3.59	1.030
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu ödevime zamanında geri bildirim veriyordu	3.51	1.172
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu sorularıma zamanında cevap veriyordu	3.49	1.078
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu ödevimle ilgili verdiği geri bildirim açık ve netti	3.48	1.020
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu ders kapsamında ne yapmam gerektiğini net bir şekilde anlatıyordu	3.42	1.079
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu canlı ders sırasında rahat bir ortam sağlıyordu ve derslerde kendimi ifade edebiliyordum	3.37	1.137
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusunun cevapları sorunlarımı çözmeye yetiyordu	3.33	1.069
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu dersimi nasıl geliştirebileceğim konusunda bana tavsiyelerde bulunuyordu	3.06	1.241

\* (1 Kesinlikle katılmıyorum; 2 Katılmıyorum; 3 Kararsızım; 4 Katılıyorum; 5 Kesinlikle katılıyorum)

Katılımcı öğrencilerin ilk uygulamalarının COVID-19 pandemi sürecinde yapılan uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin yargıları irdelendiğinde, ağırlıklı olarak yargılara kararsız kaldıkları belirlenmiştir. Katılımcı öğrencilerin COVID-19 döneminde uygulanan uzaktan eğitim süreçlerinde “Uzaktan eğitimde bir sorunum olduğunda hocaya ulaşabiliyordum” yargısına en yüksek oranda katılım gösterdikleri tespit edilmiştir. Katılımcı öğrenciler “Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu dersimi nasıl geliştirebileceğim konusunda bana tavsiyelerde bulunuyordu” yargısını ortalaması en düşük ve en az yararlı yargı olarak belirtmişlerdir (Çizelge 7).

Turan ve Gürol (2020) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, öğrencilerin çevrimiçi derslerde öğrenirken dersin hocasıyla iyi bir iletişim kurabildiklerini ve öğrenme

etkinliklerine aktif olarak katılabildiklerini belirtmişlerdir. Bao (2020) tarafından yapılan bir vaka çalışmasında, öğretim görevlileri ve öğretim asistanlarının çevrimiçi video dersleri ve dersten sonra e-posta rehberliği dâhil olmak üzere öğrencilere zamanında geri bildirim yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Yıldız (2020) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, öğretim elemanlarının öğrencilerin tüm e-posta ve mesajlarına geri bildirimde bulunmalarının öğrencilerin kendisini iyi hissetmesine ve motivasyonlarının artmasına sebep olacağını belirtmiştir.

Katılımcı öğrencilere ait bazı demografik faktörler ile öğrencilerin COVID-19 pandemi sürecinde yapılan uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin yargıları arasındaki farklılıkları ortaya çıkarmak için ki-kare testi uygulanmıştır. Uygulanan Ki-kare testi sonucunda, demografik faktörler ile öğrencilerin COVID-19 pandemi sürecinde yapılan uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ).

Katılımcı öğrencilerin eğitim gördükleri bölümler ile COVID-19 pandemi sürecinde yapılan uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin yargılar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). Buna bağlı olarak, orman endüstri mühendisliği bölümü öğrencileri diğer bölümlerde okuyan öğrencilere göre uzaktan eğitimde canlı ders sırasında kendilerini daha iyi ifade edebildiklerini belirtmişlerdir (Çizelge 8).

**Çizelge 8.** COVID-19 pandemi sürecinde yapılan uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin Ki-kare testinden elde edilen sonuçlar.

COVID-19 Pandemi Sürecinde Yapılan Uzaktan Eğitim Deneyimlerine İlişkin Yargılar	Bölüm (OEM, OM, AİEM ve PM)		
	Ki-kare	sd	p
Uzaktan eğitimde bir sorunun olduğunda hocaya ulaşabiliyordum	19,301	4	0,082
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu ödevime zamanında geri bildirim veriyordu	17,203	3	0,142
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu sorularıma zamanında cevap veriyordu	21,037	4	0,060
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu ödevimle ilgili verdiği geri bildirim açık ve netti	24,661	5	0,117
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu ders kapsamında ne yapmam gerektiğini net bir şekilde anlatıyordu	13,498	2	0,334
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu canlı ders sırasında rahat bir ortam sağlıyordu ve derslerde kendimi ifade edebiliyordum	23,178	3	0,026*
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusunun cevapları sorunlarımı çözmeye yetiyordu	17,999	4	0,116
Uzaktan eğitimde dersin sorumlusu dersimi nasıl geliştirebileceğim konusunda bana tavsiyelerde bulunuyordu	17,784	4	0,122

sd: Serbestlik derecesi, p: Anlamlılık düzeyi, \*:  $p<0,05$  düzeyinde

### 3.6. COVID-19 Pandemi Sürecinde Yapılan Uzaktan Eğitim Deneyimlerinin Sınıf Ortamı Analizi

Katılımcı öğrencilerin COVID-19 pandemi sürecinde yapılan uzaktan eğitim deneyimlerinin sınıf ortamı için önem düzeyine göre değerlendirilmesine ait sonuçlar Çizelge 9'da verilmiştir.

**Çizelge 9.** Öğrencilerin COVID-19 pandemi sürecinde yapılan uzaktan eğitim deneyimlerinin sınıf ortamı yargıları.

Yargılar	Ortalama*	Standart Sapma
Uzaktan eğitimde ihtiyacım olduğunda sınıf arkadaşlarım bana yardım ediyordu	3.55	1.246
Uzaktan eğitimde sınıf arkadaşlarımla iyi ilişkilerim olduğunu düşünüyorum	3.52	1.247
Uzaktan eğitimde sınıf arkadaşlarım sorularıma cevap veriyordu	3.48	1.119
Uzaktan eğitimde sınıf arkadaşlarım birbirlerine yardım etmeye istekliydi	3.33	1.247
Uzaktan eğitimde sınıf arkadaşlarıma güvenebileceğimi düşünüyordum	3.22	1.228
Uzaktan eğitimde sınıf arkadaşlarımla pek çok ortak yönüm olduğunu fark ettim	3.18	1.217

\* (1 Kesinlikle katılmıyorum; 2 Katılmıyorum; 3 Kararsızım; 4 Katılıyorum; 5 Kesinlikle katılıyorum)

Katılımcı öğrencilerin COVID-19 pandemi sürecinde yapılan uzaktan eğitim deneyimlerinin sınıf ortamı yargıları incelendiğinde, “Uzaktan eğitimde ihtiyacım olduğunda sınıf arkadaşlarım bana yardım ediyordu” yargısına katılımcı öğrenciler en yüksek oranda katılım göstermişlerdir. Bu konuda katılımcı öğrenciler uzaktan eğitimle ilgili konularda ihtiyaçları olduklarında sınıf arkadaşlarından yardım aldıklarını belirtmişlerdir. Katılımcı öğrenciler uzaktan eğitim esnasında sınıf arkadaşlarıyla ortak yönlerinin olmadığını ortalaması en düşük yargı olarak ifade etmişlerdir (Çizelge 9).

Katılımcı öğrencilere ait bazı demografik faktörler ile öğrencilerin COVID-19 pandemi sürecinde yapılan uzaktan eğitim deneyimlerinin sınıf ortamı yargıları arasındaki farklılıkları ortaya çıkarmak için ki-kare testi uygulanmıştır. Uygulanan ki-kare testi sonucunda, demografik faktörler ile öğrencilerin COVID-19 pandemi sürecinde yapılan uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin yargıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ).

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Araştırma sonucunda katılımcılar, uzaktan eğitim için kullanılan platformların kullanımının kolay olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra katılımcılar platformlara ulaşmak için gerekli bilgiye sahip olduklarını da belirtmişlerdir. Bu durum, altyapının yeterli olması ve katılımcılara uzaktan eğitim platformlarıyla ilgili gerekli eğitimlerin verilmesi ile açıklanabilir. Bu sonucun aksine katılımcılar, uzaktan eğitim platformlarını kullanırken herhangi bir sorunla karşı karşıya kaldıklarında destek noktasında sorun yaşadıklarını belirtmişlerdir. Bu sorunun ortadan kaldırılması için öğretim üyeleri veya öğretim asistanları tarafından e-posta, WeChat ve diğer sosyal platformlar aracılığıyla sorun yaşayan öğrencilere danışmanlık yapılabilir ve gerekli destekler sağlanabilir.

Katılımcı öğrenciler uzaktan eğitim derslerinde çeşitli kaynakların kullanıldığını ve öğretim üyeleri tarafından verilen ödevlerin yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Katılımcı öğrencilerin uzaktan eğitim deneyimlerine ilişkin diğer bir sorun ise, uzaktan eğitimde yapılan etkinliklerin, okul ortamında yapılan yüz yüze etkinlikler kadar etkili olmamasıdır.

Bu durumun önüne geçebilmek için, öğretim elemanları tarafından etkinliklere uygun öğretim materyallerinin sağlanması ve öğrenme ortamlarının iyileştirilmesine yönelik çalışmalar yapılabilir.

Çalışma sonucunda katılımcı öğrencilerin uzaktan eğitim ve platformlarına yönelik deneyimleri göz önünde bulundurulduğunda, uzaktan eğitim platformlarının mevcut koşullar altında uygulanabilir bir platform olduğu belirlenmiştir.

## **Kaynaklar**

- Bao, W. (2020). COVID-19 and online teaching in higher education: A case study of Peking University. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2(2), 113-115.
- Basilaia, G., Dgebuadze, M., Kantaria, M., ve Chokhonelidze, G. (2020). Replacing the classic learning form at universities as an immediate response to the COVID-19 virus infection in Georgia. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(3), 101-108.
- Gündüz, A., Aydemir, M., ve Karaman, S. (2018). Eş-Zamanlı sanal sınıf ortamındaki uzaktan eğitim öğrencilerinin sosyal bulunuşluk düzeylerinin demografik değişkenler açısından incelenmesi. *Sakarya University Journal of Education*, 8(2), 83-95.
- İbileme, A. İ., Yüksekdağ, B. B., ve Karadağ, N. (2021). Açık ve uzaktan öğrenmede öğrenenlerin ödevlere ilişkin memnuniyetlerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41(3), 1525-1552.
- Kalaycı, Ş. (2010). SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri. Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kör, H., Aksoy, H., ve Erbay, H. (2014). Comparison of the proficiency level of the course materials (animations, videos, simulations, e-books) used in distance education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 141, 854-860.
- Kör, H., Çataloğlu, E., ve Erbay, H. (2013). Uzaktan ve örgün eğitimin öğrenci başarısı üzerine etkisinin araştırılması. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 12(2), 267-279.
- Kör, H., Erbay, H., Demir, E., Akmeşe, Ö. F. (2016). A study on the factors affecting the academic performance of distance education students and formal students. *Hitit University Journal of Social Sciences Institute*, 9(2), 1029-1050
- Lin, Y. (2024). Application and challenges of computer networks in distance education. *Computing, Performance and Communication Systems*, 8(1), 17-24.

- Özdamar, K. (2010). Paket programlarla istatistiksel veri analizi-çok değişkenli analiz (7. baskı). Kaan Yayınevi, Eskişehir.
- Özyürek, A., Begde, Z., Yavuz, N. F., ve Özkan, İ. (2016). Uzaktan eğitim uygulamasının öğrenci bakış açısına göre değerlendirilmesi. *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 595-605.
- SPSS (2021). IBM SPSS Statistics 28 Core System User's Guide.
- Turan, Z., ve Gürol, A. (2020). Eğitimde acil bir dönüşüm: Covid-19 pandemisi döneminde çevrim içi ders alan üniversite öğrencilerinin stres alguları ve görüşleri. *HAYEF: Journal of Education*, 17(2), 222-242.
- Yıldız, E. (2020). Çevrimiçi öğrenme ortamlarında uzaktan eğitim öğrencilerinin topluluk hissine etki eden faktörlerin incelenmesi. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 180-205.
- Zeyu, L. (2022). Application of computer network technology in electronic information engineering. *Advances in Computer, Signals and Systems*, 6(2), 11-15.

## Orta Yoğunlukta Liflevha Üretiminde Çekme Direncinin İki Aşamalı İzlenmesi

### Two-Stage Monitoring of Tensile Strength in Medium Density Fiberboard Production

 Sebahattin TIRYAKI<sup>1</sup>,  Aytaç AYDIN<sup>2</sup>

#### Özet

Bu araştırma, bir orman ürünleri işletmesinde Orta Yoğunlukta Liflevha üretim sürecinde çekme direncini izlemek için Shewhart kontrol grafiklerinden olan  $\bar{x} - s$  grafiklerinin endüstriyel bir uygulamasını sunmaktadır. Uygulama Faz 1 ve Faz 2 olmak üzere iki aşamada yürütülmüştür. Faz 1'de,  $\bar{x} - s$  kontrol grafikleri ile kontrol durumundaki bir veri grubu oluşturulmuştur. Bu prosedürün tamamlanmasının ardından Faz 2 aşamasına geçilmiş ve bu aşamada süreçten elde edilen ve Faz 1'de kullanılmayan yeni çekme direnci verilerinin kullanımı ile sürecin ileriye yönelik performansı izlenmiştir. Faz 1 ve Faz 2, Orta Yoğunlukta Liflevha üretim sürecinden elde edilen çekme direnci kalite karakteristiğine ait toplam 91 ortalama veri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, çekme direnci kalite karakteristiğindeki kaymaları gösteren  $\bar{x} - s$  kontrol grafiğinde prosesin kontrol dışı olduğuna işaret eden bazı kontrol dışı veriler gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kalite, Orta Yoğunlukta Liflevha, Kontrol grafiği, Proses kontrol.

#### Abstract

This research presents an industrial application of the  $\bar{x} - s$  charts, one of the Shewhart control charts, to monitor the tensile strength in the Medium Density Fiberboard manufacturing process in a forest products enterprise. The application was conducted in two stages: Phase 1 and Phase 2. In the Phase 1, a data group in the status of the control was created with the  $\bar{x} - s$  control charts. Upon the completion of this procedure, the Phase 2 was started and at this stage, the prospective performance of the process was monitored by using new tensile strength data obtained from the process and not used in Phase 1. The Phase 1 and Phase 2 were carried out by using a total of 91 mean data belonging to the tensile strength quality characteristic obtained from the Medium Density Fiberboard manufacturing process. As a result of the research, some out-of-control data were observed in the  $\bar{x} - s$  control chart showing the shifts in the tensile strength quality characteristic, indicating that the process was out-of-control.

**Keywords:** Quality, Medium Density Fiberboard, Control chart, Process control.

## 1. Giriş

Dünya genelinde nüfusun hızlı bir artış göstermesi odun ve odun ürünlerine yönelik talebin artmasında etkili olmuştur. Bu durum, ormanlar üzerindeki baskının artışında önemli bir etken olarak görülmüştür (Birinci, 2022). Ek olarak, odun hammaddesinin kullanım alanının çeşitlenmesinin yanı sıra hammadde temininde yaşanan güçlükler, endüstriyi masif ağaç malzemeye alternatif olabilecek üretimler yapmaya zorlamış ve bu

Geliş Tarihi: 08.10.2024, Düzeltme Tarihi: 06.12.2024, Kabul Tarihi: 08.12.2024

Adres: <sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu

Adres: <sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

E-mail: aytac@ktu.edu.tr

gayretlerin sonucunda çeşitli odun esaslı levhaların üretimi söz konusu olmuştur. Orta Yoğunlukta Liflevha (MDF), masif ağaç malzemeye alternatif olarak geliştirilmiş levha ürünlerinin en önemlilerinden birisi olarak dikkat çekmiştir (Akgül ve ark., 2013). Hong ve ark. (2017) bu ürünün çeşitli uygulamalarda masif odunun mükemmel bir ikamesi olarak değerlendirilebileceğini ifade etmiştir.

MDF, özellikle mobilya üretiminde ve iç dekorasyonda yaygın olarak kullanılmaktadır (Akbulut ve Ayrilmis, 2019). Bu gibi kullanım yerlerinde tüketici istekleri doğrultusunda yüksek kaliteli ürünler üretebilmek için bu ürünlerin üretim sürecinde başlıca girdilerden olan MDF'lerin kalite karakteristiklerinin de buna imkan verecek özellikte olması oldukça önem taşımaktadır. Suzuki ve Miyagawa (2003), çekme direncinin genellikle bu tür panellerin iç bağ kalitesinin en önemli göstergelerinden biri olduğunu ve bu nedenle sıklıkla iç bağ kalitesini tespit etmek amacıyla kullanıldığını ifade etmiştir. Benzer şekilde, Sumardi ve ark. (2018) bu kalite özelliğinin odun esaslı birçok panel ürünü açısından oldukça önemli olduğunu ve ürünü oluşturan parçacıkların arasındaki bağın direncini ortaya koyduğu için üretim kalitesinin en iyi tek ölçüsü olarak dikkate alınabileceğini belirtmiştir.

İstatistiksel proses kontrol, bir süreci izlemek ve kontrol etmek için istatistiksel teknikleri kullanan bir kalite kontrol yaklaşımı olarak ifade edilebilmektedir (Singh, 2022). Kontrol grafikleri ise 1920'li yıllarda ortaya çıkmış olup zamanla güçlü bir istatistiksel proses kontrol aracı haline gelmiş ve endüstriyel süreçlerde çok yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu yaklaşım, süreçteki özel nedenlerin ortaya çıkmasını tespit etmede önemli bir işleve sahip olup bu sayede uygunsuz ürünler büyük miktarda üretilmeden önce gerekli düzeltmelerin yapılabilmesine imkan sunabilmektedir (Intaramo ve Pongpullponsak, 2012). Bu grafikler, süreç iyileştirme amacıyla zaman içindeki değişimi anlamaya katkı sağlamaktadır. Endüstriyel uygulamalardaki süreç iyileştirme, genellikle süreci belirli bir hedef değere odaklamak ve değişimi azaltmakla karakterize edilmektedir (Zwetsloot ve ark., 2024). Kontrol grafikleri yaklaşımının ana amacı, süreci izleyerek kararlı bir durumda olup olmadığını belirlemektir. Bu işlem, süreçten rastgele çekilen örnekler kullanılarak hesaplanan istatistiklerin grafiğini çizerek yapılabilmektedir. Shewhart grafikleri oldukça basit olup endüstrideki süreçlerin izlenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Aldosari ve ark., 2018).

Bu çalışma, bir orman ürünleri işletmesinde MDF üretim sürecinin, izlenmesine karar verilen çekme direnci kalite karakteristiği açısından kontrolde olup olmadığını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

## 2. Shewhart $\bar{x} - s$ Kontrol Grafikleri

Üretim sürecinden alınan örneklem değerlerinin ölçülebilir karakterde olması durumunda  $\bar{x} - s$  kontrol grafikleri kullanılabilir. Bu amaç için kullanılacak grafiklerden biri de  $\bar{x} - R$  kontrol grafikleridir (Işığışok, 2012). Ancak, endüstriyel uygulamalarda örneklem hacmi  $n > 8$  ise  $\bar{x}$  kontrol grafiğinin  $R$  grafiği yerine  $s$  grafiği ile birlikte kullanılması önerilmektedir. Bununla beraber, bu sınırın  $n > 10$  veya  $n > 12$  gibi daha farklı olarak ifade edildiği de görülebilmektedir. Genellikle,  $R$  istatistiğinin hesap kolaylığı açısından  $s$  istatistiğine tercih edilmesi söz konusu olsa da  $s$ 'nin  $\sigma$ 'nın tahmininde daha verimli bir istatistik olduğu belirtilmektedir. Örneklem hacmi  $n$ 'in artması ile beraber verimlilik farkı giderek daha da artmakta ve  $s$  kontrol grafiğinin kullanımı tavsiye edilmektedir (Birgören, 2017)

Örneklem hacmi  $n$  ve gözlem sonuçları  $x_i$  olmak üzere  $k$  tane zaman diliminde rassal olarak çekilen her bir örneklemin ortalaması eşitlik 1'de verildiği gibi hesaplanabilirken çeşitli zaman dilimlerinde çekilen örneklemelerden elde edilen  $k$  tane örneklem ortalamalarının ortalaması ise eşitlik 2'de formüle edildiği gibi hesaplanabilmektedir (Işığışok, 2012).

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{j=1}^k \bar{x}_j}{k} \quad (2)$$

$k$  adet örnek var olduğunu ve her örneğin  $n$  ölçüm içerdiğini varsayacak olursak  $i$ 'inci örnek için ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) örnek standart sapması eşitlik 3'de verildiği gibi hesaplanabilmektedir. Ardından,  $k$  adet örneğin veya altgrupun standart sapmalarının ortalaması ise eşitlik 4 ile hesaplanabilmektedir (Birgören, 2017).

$$s_i = \sqrt{\left(1/(n-1)\right) \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (3)$$

$$\bar{s} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i \quad (4)$$

$\bar{x}$  grafiği için üst kontrol limiti (ÜKL), orta çizgi (OÇ) ve alt kontrol limiti (AKL) eşitlik 5-7 kullanılarak hesaplanabilmektedir (Montgomery, 2012).



$$\text{ÜKL} = \bar{x} + A_3 \bar{s} \quad (5)$$

$$\text{OÇ} = \bar{x} \quad (6)$$

$$\text{AKL} = \bar{x} - A_3 \bar{s} \quad (7)$$

s kontrol grafiği için ÜKL, OÇ ve AKL eşitlik 8-10 kullanılarak hesaplanabilmektedir (Vardeman ve Jobe, 2016).

$$\text{ÜKL} = B_4 \bar{s} \quad (8)$$

$$\text{OÇ} = \bar{s} \quad (9)$$

$$\text{AKL} = B_3 \bar{s} \quad (10)$$

Eşitliklerde yer alan  $A_3$ ,  $B_3$ , ve  $B_4$  örneklem hacmine bağlı olarak farklılık gösterebilen sabit katsayıları belirtmektedir (Işığışok, 2012).

### 3. Materyal ve Yöntem

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada, orman ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede üretilen 18mm kalınlığında ve 2100\*8400mm boyutlarındaki levhalar dikkate alınmıştır. Kalite karakteristiği olarak ise üretilen MDF'lerin kalitesi üzerine etkili olma potansiyeline sahip olduğu düşünülen ve MDF'nin en önemli direnç özelliklerinden olan çekme direnci seçilmiştir. Üretilen MDF'lerin kalite kontrol testlerini gerçekleştirmek amacıyla süreçten levha örnekleri çekilmiştir. Bu amaçla, çekme direnci değerlerini elde etmek için üretim sürecinden çekilen levhalardan 50\*50\*18mm boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Çekme direnci testleri TS-EN 319 (1999) standartlarına uygun bir şekilde yürütülmüştür. Tüm testler işletmenin kalite kontrol laboratuvarında bulunan test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Veri Elde Etme Süreci

Uygulama alanı olarak seçilen işletmede genellikle günde üç vardiya üretim yapılmakta ve üretilen MDF'lerin kalitesinin kontrol edilmesi amacıyla üretim hattından levhalar çekilmektedir. Bu doğrultuda; üretim sürecinin izlenmesine karar verilen MDF türünün çekme direnci kalite karakteristiği için veri elde etme süreci 2021 yılı Mayıs-Eylül aylarını içeren yaklaşık olarak beş aylık bir süreci kapsamaktadır. Çalışma kapsamında,

çekme direnci testlerinin sonucu olarak elde edilen her biri 10 ölçüm değerinden oluşan toplam 91 örnek veri veya altgrup kullanılmıştır.

### 3.2.2. $\bar{x} - s$ Kontrol Grafiklerinin Uygulanması

MDF üretim sürecinin çekme direnci kalite karakteristiği açısından kontrol altında olup olmadığını izlemek için Shewhart kontrol grafiklerinden  $\bar{x} - s$  grafikleri kullanılmıştır. Süreçten veriler elde edildikten sonra grafiklendirme işlemine geçilmiş ve bu işlem Faz 1 ve Faz 2 olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

Faz 1'deki kontrol grafikleri, sürecin istatistiksel olarak kontrol durumuna getirilmesine yardımcı olmaktadır. Süreçte özel bir neden bulunursa, o veri noktası ihmal edilmekte ve deneme kontrol limitleri yalnızca kalan noktalar kullanılarak yeniden hesaplanmaktadır. Bu işlem, tüm noktalar kontrol altına alınana kadar devam etmektedir. Faz 2 ise kontroldeki süreç performansını temsil eden veri kümesi elde edildikten sonra başlamaktadır. Faz 2 için oluşturulan kontrol grafikleri süreçten alınan her ardışık örneğin örnek istatistiğini kontrol limitleriyle karşılaştırarak süreci izlemeye imkan sağlamaktadır. Diğer bir ifadeyle, Faz 2 güvenilir kontrol limitlerinin oluşturulmasından sonra gelecekteki üretimi izlemek için kullanılmaktadır (Montgomery, 2012).

Bu doğrultuda, çalışmada öncelikle Faz 1 aşamasında  $\bar{x} - s$  kontrol grafikleri kullanılarak kontrol durumundaki bir veri grubu veya veri seti oluşturulmuş, Faz 2'de ise süreçten çekilen ve Faz 1 aşamasında kullanılmayan yeni veriler kullanılarak sürecin performansı araştırılmıştır.

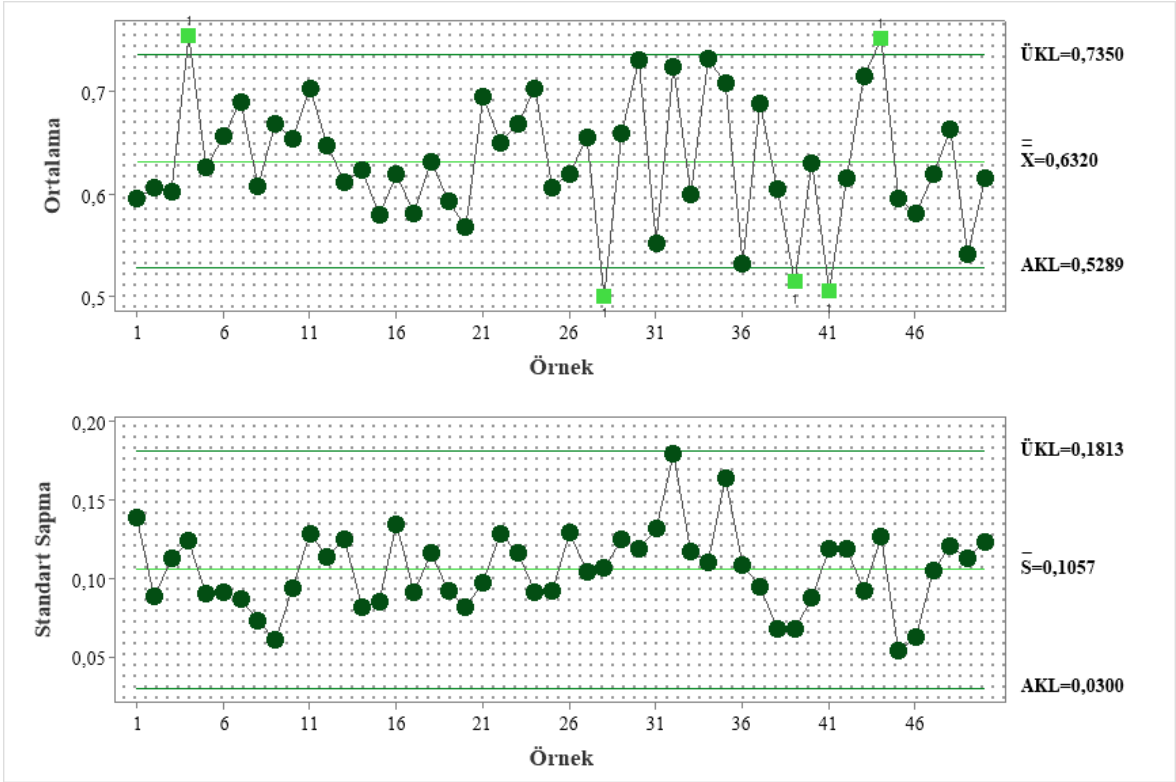
Üretim sürecinden çekme direncine ait toplanan veriler analizin birinci ve ikinci aşamaları için gruplandırılmıştır. Çekme direncinin 91ortalama verisinden 50 veri grubu veya altgrup Faz 1'de, kalan 41 veri grubu veya altgrup ise Faz 2'de kullanılmak üzere ayrılmıştır.

## 4. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında,  $\bar{x} - s$  kontrol grafikleri MDF üretim sürecinden elde edilen çekme direncinin ölçüm değerlerine uygulanmıştır. Arcidiacono ve Nuzzi (2017), süreci istatistiksel olarak kontrol altında tutarak süreç hakkında daha güvenilir göstergelerle daha güçlü bilgilere sahip olmanın mümkün olabileceğini ve bu durumun da müşterilerin gereksinimlerini daha iyi karşılamaya olanak sağlayabileceğini ifade etmiştir. Şu anki çalışmada ilk olarak, Faz 1 uygulaması ile kontrol altında bir süreci ifade eden veri

grubunun elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, deneme kontrol limitleri oluşturulmuş ve bu süreç kontrol dışı tüm veriler ortadan kaldırılıncaya kadar devam ettirilmiştir.

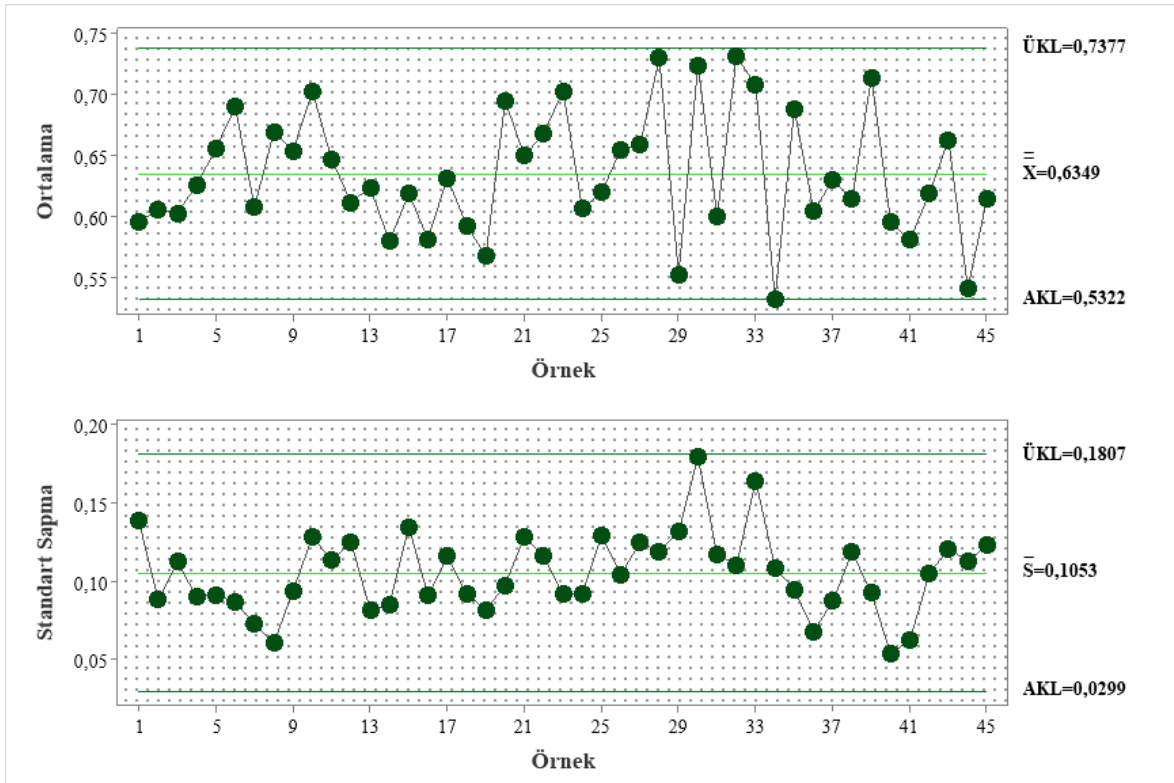
Shewhart'ın  $\bar{x}$  ve  $s$  kontrol grafikleri süreçteki değişimleri veya çekme direnci değerlerindeki kaymaları izlemek için birlikte kullanılmıştır. Faz 1'de aşağıda ifade edilen adımlar takip edilerek süreç kontrol durumuna getirilmiştir. Faz 1'in 1. adımı için 50 verinin kullanımı ile elde edilen grafik Şekil 1'te verilmiştir.



**Şekil 1.** Faz 1'in 1. adımı için çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>)'ne ait  $\bar{x} - s$  kontrol grafikleri.

Faz 1'in ilk adımı için oluşturulan kontrol grafikleri incelendiğinde, toplam 5 veri grubu veya veri noktasının ÜKL'nin üstünde ya da AKL'nin altında olduğunu görmek mümkündür. Bu nedenle, ÜKL'nin üzerinde ya da AKL'nin altında bulunan veri noktaları veri grubundan veya setinden çıkartılmış ve kalan veriler ile grafik oluşturma sürecinin bir sonraki adımına geçilmiştir.

Faz 1'in 2. adımını gerçekleştirmek için geriye kalan veriler ile kontrol grafikleri yeniden oluşturulmuştur. Şekil 2, Faz 1'in 2. adımı için oluşturulan kontrol grafiklerini göstermektedir.



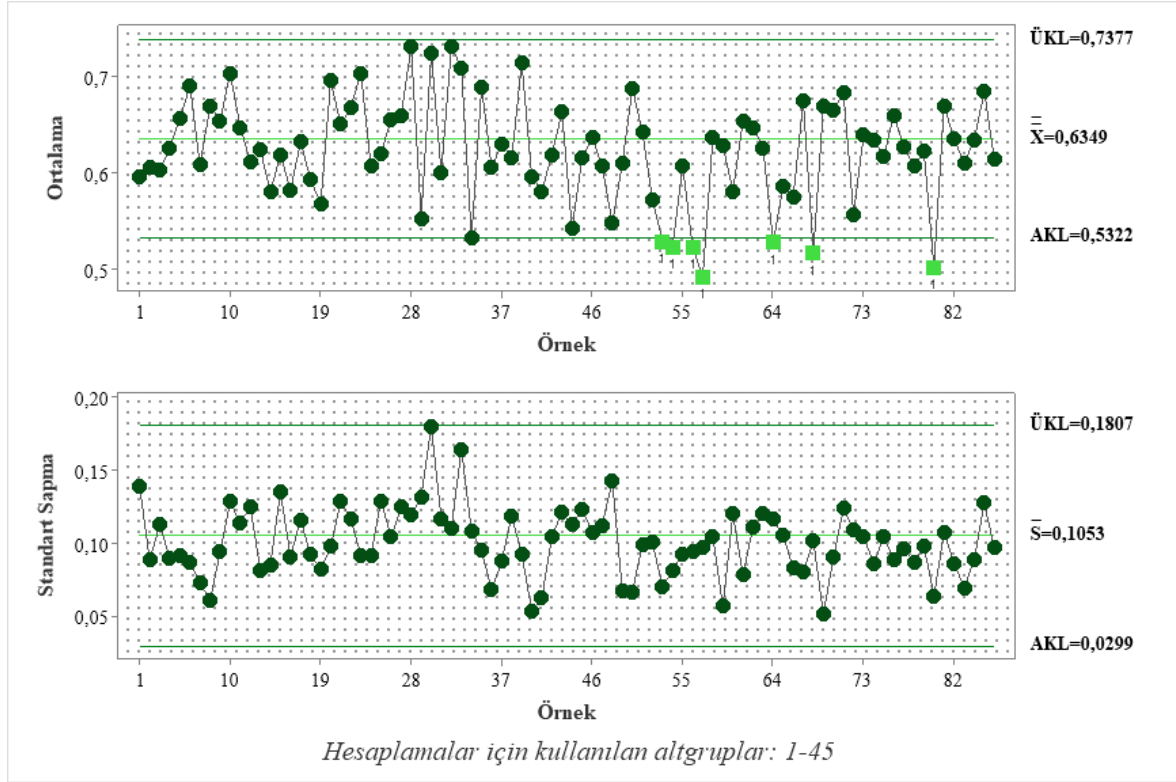
**Şekil 2.** Faz 1'in 2. adımı için çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>)'ne ait  $\bar{x} - s$  kontrol grafikleri.

Faz 1'in 2. adımı için oluşturulan  $\bar{x} - s$  kontrol grafikleri, ÜKL'nin üzerinde ya da AKL'nin altında herhangi bir verinin olmadığını göstermektedir. Böyle bir durum, MDF üretim sürecinin çekme direnci açısından istatistiksel olarak kontrol durumuna getirildiğini ortaya koymaktadır. Kontroldeki altgruplardan Faz 2 hesaplamalarında da faydalanılmıştır. Faz 1'in özeti Çizelge 1'de verilmektedir.

**Çizelge 1.** Faz 1 uygulamasının özeti.

Adımlar	Kontrol dışı veri sayısı	Uzaklaştırılan veya kontrol dışı veriler	Kalan veri sayısı
Faz 1-Adım 1	5	4, 28, 39, 41, 44	45
Faz 1-Adım 2	-	-	45

MDF'nin çekme direncine ilişkin yeni verileri izlemek amacıyla  $\bar{x} - s$  kontrol grafikleri kullanılarak Faz 2 aşaması gerçekleştirilmiştir. Faz 2 uygulaması sonucunda elde edilen  $\bar{x} - s$  kontrol grafikleri Şekil 3'de sunulmaktadır.



**Şekil 3.** Faz 2 için çekme direnci ( $N/mm^2$ )'ne ait  $\bar{x} - s$  kontrol grafikleri.

Şekil 3'deki Faz 2 için oluşturulan  $\bar{x} - s$  grafiği incelendiğinde Faz 1'in ilk aşamasına benzer şekilde verilerin çok büyük bir çoğunluğunun kontrol limitlerinin arasında olduğu tespit edilse de çekme direncine ait toplam 7 adet verinin veya altgrupun (örnek veya altgrup no.: 53, 54, 56, 57, 64, 68, 80) kontrol limitlerinin dışında kaldığı anlaşılmaktadır. Şekil 3'de yer alan tüm limit dışı veri noktalarının ortalamadaki değişimi ortaya koyan  $\bar{x}$  kontrol grafiği üzerinde olduğunu da ifade etmek gerekmektedir. Veriler  $s$  kontrol grafiği ile incelendiğinde Faz 1 aşamasındaki duruma benzer şekilde tüm veri noktalarının ÜKL ve AKL arasında yer aldığı, diğer bir ifadeyle, limitlerin dışında herhangi bir veri noktasının bulunmadığı görülmektedir. Genel bir değerlendirme yapıldığında  $\bar{x} - s$  kontrol grafikleri ile izlenen sürecin çekme direnci kalite karakteristiği açısından kontrol dışı olduğunu ifade etmek mümkündür.

## 5. Sonuçlar

Bu araştırma, MDF üretim sürecinin çekme direnci açısından izlenmesinde  $\bar{x} - s$  kontrol grafiklerinin kullanımını içermektedir. Araştırmanın öne çıkan sonuçları aşağıda ifade edildiği gibidir:

Grafiklendirme uygulamasının birinci aşamasını oluşturan Faz 1'de  $\bar{x} - s$  grafikleri kullanılarak sürecin kontrol durumuna getirilmesi sağlanmıştır. Faz 1 işlemi iki aşamada

tamamlanmış olup bu süreç sonunda toplam 5 veri kontrol dışı olarak tespit edilmiş ve veri setinden çıkartılmıştır. Bu prosedürün tamamlanmasının ardından, Faz 2'de yeni veriler için  $\bar{x} - s$  kontrol grafikleri oluşturulmuş ve üretim sürecinin kontrol durumu izlenmiştir. Faz 2 işlemi sonucunda bu aşamada sürece dahil edilen 41 veriden 7'sinin  $\bar{x}$  grafiğinde kontrol limitleri dışında olduğu tespit edilmiştir. Prosesi izlemek için kullanılan diğer bir kontrol grafiği olan  $s$  grafiğinde ise tüm veri noktalarının kontrol limitleri arasında olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, MDF'nin çekme direnci ile ilgili olarak altgruplar içindeki veri dağılımının dengeli olduğu, ancak alt gruplar arasında stabil olmadığı görülmüştür.

Üretim sürecinde kontrol dışı değerlerin tespit edilmesi, sürecin kontrol altına alınabilmesi için değişkenlik kaynaklarının ortadan kaldırılmasına yönelik bir dizi eylem gerçekleştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Sonuçlar ayrıca, kullanılan grafikler ile sürecin kontrolde olup olmadığını kolay bir şekilde belirlenebildiğini doğrulamıştır. Bu nedenle, sürecin kontrol dışına çıkmasına yol açabilecek özel nedenler mevcut olduğunda bunun kısa bir süre içerisinde tespit edilebilmesi için bu gibi istatistiksel proses kontrol araçlarının kullanımı oldukça önemlidir.

## Kaynaklar

- Akbulut, T., & Ayrilmis, N. (2019). Some advantages of three-layer medium-density fibreboard as compared to the traditional single-layer one. *Journal of Wood Science*, 65, 46.
- Akgül, M., Çamlıbel, O., & Gedik, T. (2013). Türkiye ve Dünyadaki MDF endüstrisine genel bir bakış. *Ormancılık Dergisi*, 9(2), 117-125.
- Aldosari, M. S., Aslam, M., Khan, N., & Jun, C.-H. (2018). Design of a new variable Shewhart control chart using multiple dependent state repetitive sampling. *Symmetry*, 10(11), 641.
- Arcidiacono, G., & Nuzzi, S. (2017). A Review of the fundamentals on process capability, process performance, and process sigma, and an introduction to process sigma split. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(14), 4556-4570.
- Birgören, B. (2017). *İstatistiksel kalite kontrolü*. Gözden Geçirilmiş 2. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Birinci, E. (2022). Hıgrotermal yaşlandırmanın, MDF ve yonga levhalarda renk değişimi, yüzey pürüzlülüğü ve vida çekme direncini üzerine etkisinin incelenmesi. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 9(Özel Sayı), 172-177.

- Hong, M.-K., Lubis, M. A. R., & Park, B.-D. (2017). Effect of panel density and resin content on properties of medium density fiberboard. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 45(4), 444-455.
- Işığışok, E. (2012). *Toplam kalite yönetimi bakış açısıyla istatistiksel kalite kontrol*. 2. Baskı, Ezgi Kitapevi Yayınları, Bursa.
- Intaramo, R., & Pongpullponsak, A. (2012). Development of fuzzy extreme value theory control charts using  $\alpha$  -cuts for skewed populations. *Applied Mathematical Sciences*, 6(117), 5811 – 5834.
- Montgomery, D. C. (2012). *Introduction to statistical quality control*. 7th Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Sumardi, I., Dungani, R., Suhaya, Y., Rumidatul, A., & Rofii, M. N. (2018). Alternative materials for strandboards made with waste veneer from industrial plywood in Indonesia. *BioResources*, 13(4), 8385-8393.
- Singh, V. (2022). Statistical process control (SPC) guide line. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 7(1), 84-92.
- Suzuki, S., & Miyagawa, H. (2003). Effect of element type on the internal bond quality of wood-based panels determined by three methods. *Journal of Wood Science*, 49, 513–518.
- TS EN 319, (1999). Yonga levhalar ve lif levhalar-Levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Vardeman, S. B., & Jobe, J. M. (2016). *Statistical methods for quality assurance: basics, measurement, control, capability, and improvement*. 2th edition: Springer-Verlag New York.
- Zwetsloot, I. M., Jones-Farmer, L. A., & Woodall, W. H. (2024). Monitoring univariate processes using control charts: Some practical issues and advice. *Quality Engineering*, 36(3), 487–499.

## Su İçin Doğa Temelli Çözümler: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi için Sürdürülebilir Yağmur Suyu Uygulamaları ve Potansiyel Kazanımlar

### Nature Based Solutions for Water: Sustainable Stormwater Management Practices and Potantial Benefits for Tekirdağ Namık Kemal University

 Meltem Güneş TİGEN<sup>1</sup>

#### Özet

İklim değişikliğinin etkilerinin belirginleşmesi ve kentleşmenin hızlanması, yağmur suyu yönetimini kentsel alanlar için kritik hale getirmiştir. Bu çalışmada, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Değirmenaltı Yerleşkesi'nde sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi ve doğa temelli çözümler incelenmiştir. Doğa temelli çözümler, su kaynaklarının korunmasında yenilikçi ve sürdürülebilir yaklaşımlar sunarak kentsel çevrelerin ihtiyaçlarına yanıt vermektedir. Çalışmanın amacı, yerleşkede sürdürülebilir su yönetimi stratejilerinin uygulanabilirliğini değerlendirmektir. Araştırma; literatür taraması, veri toplama ve analiz olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Yerleşkedeki yağmur suyu hasadı potansiyeli değerlendirilmiş ve yüzey akışın yeraltı su kaynaklarına yönlendirilmesi için çatı bahçeleri, yağmur bahçeleri ve yağmur suyu hasadı yöntemleri önerilmiştir. Bulgular, yüzey akış miktarının hesaplanarak yağmur suyu yönetiminin önemini ortaya koyduğunu, çatı alanlarının %18,56 oranında su tasarrufu sağlayabileceğini ve doğa temelli çözümlerle yeraltı su kaynaklarının korunup kentsel dirençliliğin artırılabilirliğini göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, hem su tasarrufu sağlamayı hem de yeşil alanları genişletmeyi ve dirençli bir altyapı oluşturmayı hedeflemektedir. Önerilen çözümler, düşük maliyetli, çevre dostu ve sürdürülebilir bir model sunarak, kentsel alanlarda su yönetimini iyileştirme ve ekolojik dengeyi koruma potansiyeli taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğa temelli çözümler, Yağmur suyu yönetimi, Yüzey akış miktarı, Yağmur suyu hasadı.

#### Abstract

As the impacts of climate change become more pronounced and urbanization accelerates, stormwater management has become a critical issue for urban areas. This study investigates sustainable stormwater management practices and nature-based solutions implemented at the Tekirdağ Namık Kemal University Değirmenaltı Campus. Nature-based solutions provide innovative and sustainable approaches to water resource conservation, effectively addressing the demands of urban environments. The primary objective of this study is to assess the applicability of sustainable water management strategies on the campus. The research was conducted in three phases: literature review, data collection, and analysis. The stormwater harvesting potential of the campus was assessed, and strategies such as green roofs, rain gardens, and rainwater harvesting were proposed to redirect surface runoff to groundwater resources. The findings indicate three key aspects: first, the calculation of surface runoff volume underscores the critical importance of effective stormwater management. Second, rooftop areas have the potential to contribute to 18.56% of the campus's annual water savings. Finally, nature-based solutions can play a significant role in protecting groundwater resources while enhancing urban resilience. In conclusion, this study aims to advance water conservation, expand green spaces, and establish resilient infrastructure. The proposed solutions offer a cost-effective, environmentally friendly, and sustainable model that can enhance stormwater management in urban areas while preserving ecological balance and providing significant aesthetic and functional benefits.

**Keywords:** Nature-based solutions, Stormwater management, Surface runoff volume, Rainwater harvesting.

Geliş Tarihi: 08.10.2024, Düzeltme Tarihi: 06.12.2024, Kabul Tarihi: 08.12.2024

Adres: <sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu

Adres: <sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

E-mail: aytac@ktu.edu.tr



## 1. Giriş

İklim değişikliğinin etkilerinin artmasıyla birlikte, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi özellikle kentleşmenin hızla arttığı bölgelerde kritik bir konu haline gelmektedir. Kentleşme, geçirimsiz yüzeylerin çoğalmasına neden olmakta, bu durum su döngüsünü bozarak yönetimini zorlaştırmaktadır (Hamidi ve ark., 2023; Oke, 1997; Pataki ve ark., 2011). Bu bağlamda, doğa temelli çözümler (Nature Based Solutions - NBS), ekosistem hizmetlerini güçlendirerek su yönetimine yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır. NBS, doğal süreçleri kullanarak su tasarrufu sağlarken ekolojik dengeyi korumakta ve çevre dostu çözümler sunmaktadır (Ramírez-Agudelo ve ark., 2020; Coşkun Hepcan, 2022). Bu tür yöntemler, özellikle yağmur suyu yönetiminde, yüzey akışını azaltarak yeraltı su kaynaklarına yönlendirilmesini sağlayarak sel ve taşkın risklerini azaltmaktadır (Nesshöver ve ark., 2017).

Kentsel alanlarda yağmur suyunun kontrol edilmesi, diğer bir ifade ile yağmur suyu hasadı, su döngüsünün sağlanmasında ve su stresinin azaltılmasında önemli bir araç olma potansiyeli taşımaktadır (Hamidi ve ark. 2023; Kahveci ve Yıldız, 2023). Türkiye’de, su kaynaklarının korunmasına yönelik çeşitli üniversiteler ve kamu kurumları yağmur suyu hasadı ve su yönetimi uygulamalarını teşvik etmektedir. İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) kampüslerinde, su verimliliğini artırmaya yönelik projeler ve altyapılar kurulmuş, yağmur suyu toplama sistemleri başarılı bir şekilde uygulanmıştır (Pouya ve Pouya, 2018). Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi’ndeki bir çalışma, yerleşke için yağmur suyu toplama sisteminin su ihtiyacını karşılayabileceğini göstermektedir (Özölçer, 2016). Ayrıca, 23.06.2017 tarihli ve 30105 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri” yönetmeliği, yağmur suyu yönetimi için önemli bir yasal çerçeve sunmaktadır (Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Yönetmeliği, 2017). Bunun yanı sıra, 2023-2033 Ulusal Su Verimliliği Stratejisi, alternatif su kaynaklarının yaygınlaştırılmasını ve yağmur suyu hasadının etkin şekilde kullanımını öncelikli hedefler arasında belirlemiştir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023). Bu stratejiler, suyun daha verimli kullanımı ve kaynakların korunması açısından büyük önem taşımaktadır.

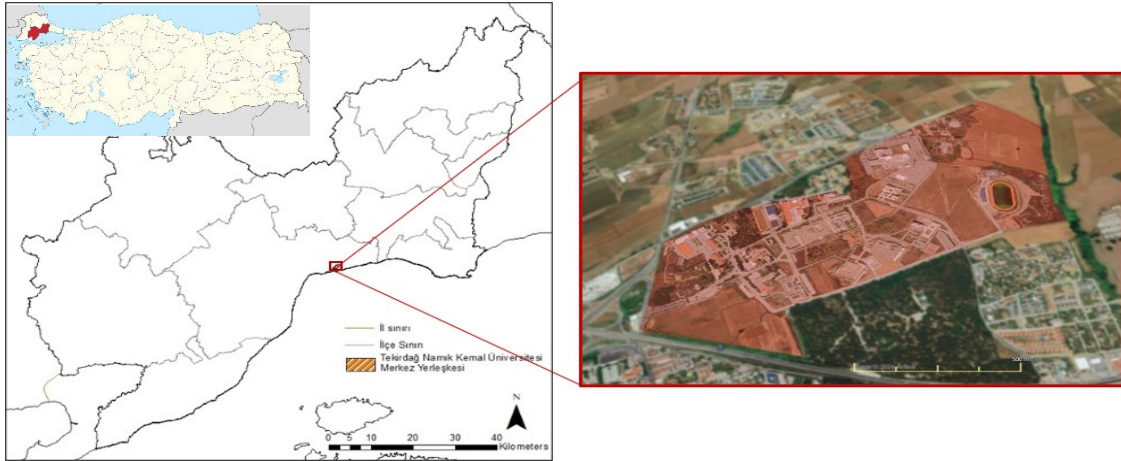
Doğa temelli çözümlerle gerçekleştirilen yağmur suyu yönetimi uygulamaları, kentleri su kıtlığına karşı daha dayanıklı hale getirmekte ve sel gibi afetlere karşı direnç kazandırmaktadır (Yaman ve Yenigül, 2022). Bu çalışma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi (TNKÜ) Değirmenaltı Yerleşkesi’nde uygulanan sürdürülebilir yağmur suyu

yönetimi yöntemlerini incelemekte ve bu yerleşkenin geniş peyzaj alanları ile küçük bir kent modeli olarak değerlendirilebilmesi, doğa temelli çözümler için uygun bir örnek sunmaktadır. Yağmur suyu hasadı, yağmur bahçeleri, çatı bahçeleri ve geçirgen yüzeyler gibi yöntemler, hem su tasarrufu sağlamakta hem de çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. TNKÜ Değirmenaltı Yerleşkesi, sürdürülebilir su yönetimi çözümlerinin kentsel alanlarda etkili bir şekilde uygulanabileceğini göstererek diğer üniversiteler ve kentsel alanlar için bir model oluşturmaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1.1. Materyal

Çalışmanın materyali olarak, Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçesinde yer alan ve yaklaşık 115 hektarlık bir alanı kapsayan Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi (TNKÜ) Değirmenaltı Yerleşkesi seçilmiştir (Şekil 1). Dinlenme ve rekreasyon imkânı sunan yeşil alanlar, bahçeler ve ağaçlık alanlarla donatılmış bu yerleşkede, 9 fakülte, 3 enstitü, 1 konservatuar, 1 yüksekokul, 3 meslek yüksekokulu, çeşitli uygulama ve araştırma merkezleri, rektörlük binası, uygulama ve araştırma hastanesi, hayvan hastanesi, futbol stadyumu, atletizm pisti, açık ve kapalı spor alanları, kütüphane, yurtlar ve sosyal alanlar bulunmaktadır (Hersek, 2019; Namık Kemal Üniversitesi, t.y.).



**Şekil 1.** TNKÜ Değirmenaltı yerleşkesi konumu (Haritanın sol tarafı yazar tarafından hazırlanmıştır; sağ taraf Google Earth Pro görüntüsüdür).

Tekirdağ ili, Marmara Denizi'nin kuzeybatısında az engebeli, zengin alüvyonlarla kaplı topraklar üzerinde bulunmaktadır (Tekirdağ Valiliği, t.y.). Delibaş ve ark. (2015) tarafından Tekirdağ merkezindeki büyük topraklar gruplarının sınıflandırılmasına ilişkin yapılan haritaya göre, çalışma alanının, kahverengi orman toprakları ve kireçsiz kahverengi

orman topraklarından oluştuğu ve arazi eğim ortalamasının ise % 2 olduğu saptanmıştır (Hersek, 2019).

## 2.2. Yöntem

Bu çalışmada, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Değirmenaltı Yerleşkesi için sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamalarını belirlemeye yönelik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Araştırma kapsamında, yerleşkedeki yüzey akış miktarı hesaplanmış, yağmur suyu hasadı potansiyeli değerlendirilmiş ve uygulanabilir yönetim stratejileri belirlenmiştir. Çalışma, literatür taraması, veri toplama ve analiz olmak üzere üç ana aşamada gerçekleştirilmiştir.

Literatür taraması aşamasında, doğa temelli çözümler ve yağmur suyu yönetimi konusundaki literatür incelenmiş; kentsel alanlarda uygulanabilecek yenilikçi yöntemler araştırılmıştır. Diğer üniversite kampüslerinde yürütülen projeler ve uygulamalara dair raporlar analiz edilerek, benzer alanlarda yağmur suyu yönetimi çözümlerinin etkinliği araştırılmıştır.

Veri toplama aşamasında, yerleşkedeki fiziksel ve çevresel özellikler (Berland ve ark., 2017) incelenmiş; mevcut altyapı, topografya, toprak yapısı, geçirgen yüzeyler ve yeşil alanlar gibi faktörler dikkate alınarak yağmur suyu yönetim gereksinimleri belirlenmiştir. Yerleşke kayaç geçirimsizliği verisine ulaşamadığı için bu çalışma kapsamında bu bilgiler göz ardı edilmiştir.

Analiz aşamasında ise ilk olarak yerleşkedeki yüzey akış miktarı tespit edilmiş olup yerleşkedeki yağmur suyu yönetimi potansiyeli incelenmiştir. İkinci adımda ise, Tekirdağ iline ait uzun yıllık yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınarak yağmur suyu hasadı potansiyeli değerlendirilmiştir. Son olarak da yerleşkedeki fiziksel ve çevresel özellikler değerlendirilerek sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamaları için uygun alanlar belirlenmiştir.

Aşağıda sırasıyla analiz aşamasının adımları detaylandırılmıştır.

**Yüzey akış miktarı:** Yüzey akışı, yağmur, kar veya diğer yağışların toprağa sızmak yerine yüzeyde birikerek eğim doğrultusunda hareket etmesi olarak tanımlanabilir (Ward ve Trimble, 2003; Chow ve ark., 1988). Bu süreç, özellikle geçirimsiz yüzeylerin bulunduğu alanlarda daha belirgin hale gelerek drenaj sistemlerine yük bindirir ve taşkın riskini artırabilir (Pennington, 2012; Gülbahar, 2016). Genellikle 25 km<sup>2</sup>'den küçük alanlarda ve yağışın homojen düştüğü kabul edilen bölgelerde, yüzey akışı miktarını tahmin etmek için

“Rasyonel Yöntem” tercih edilmektedir (Wijesinghe ve Wijesekera, 2016; Taşkın ve Manioğlu, 2023). Bu çalışmada, 0.125 km<sup>2</sup>’lik yüzey alanına sahip yerleşkenin yüzeysel akış hesaplaması için Kuichling tarafından geliştirilen bu yöntemin uygun olduğu değerlendirilmiştir (Wurbs ve James, 2002). Rasyonel Yöntem’in temel denklemi ise aşağıda verilmiştir (Çalışkan, 2007; Sevimli, 2021):

$$Q = C \times I \times A$$

Bu denklemde Q yüzey akışı debisini (m<sup>3</sup>/ay); C akış katsayısını; I yağış şiddetini (mm/ay); ve A drenaj alanını (m<sup>2</sup>) temsil etmektedir.

Yerleşke alanında geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler belirlenmiş ve bu alanlar için uygun akış katsayıları, Çizelge 1’e göre atanmıştır. Çalışma alanına ait aylık yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü kayıtlarından alınmıştır.

Bu analizler sonucunda, geçirimli ve geçirimsiz yüzeyler için ayrı ayrı yüzey akış değerleri hesaplanmış ve yerleşke genelindeki toplam yüzey akışı miktarı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, yağmur suyu yönetimi uygulamaları için gerekli ihtiyaçlar belirlenmiştir. Ancak bu çalışmada, önerilen uygulamaların detaylı boyutlandırılması kapsam dışında tutulmuştur.

### Çizelge 1. Geçirimsiz yüzeyler ve yeşil alanlar için yüzey akış katsayısı değerleri.

Arazi türü	Akış katsayısı (C)	Kaynaklar
Geçirimsiz yüzeyler (beton, asfalt gib)	0.80 - 0.95 0.90	Chow (1964); USDA (1986) Çalışkan (2007); Sevimli (2021)
Yeşil alanlar	0.15-0.45	Avcı (1991); Sevimli (2021)
Orman alanları	0.25	Çalışkan (2007); Sevimli (2021)
Ziraat alanları	0.15-0.40	Avcı (1991); Sevimli (2021)

**Yağmur suyu hasadı potansiyeli:** Yerleşkedeki bina çatı alanlarının yağmur suyu toplama potansiyeli, çatı malzemesi, yıllık yağış miktarı ve çatı alanları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu süreçte, yerleşkeye özgü iklim verileri ve çatı yüzey özellikleri temel alınmıştır. Yağmur suyu hasadı miktarının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır (TEMA, 2017):

$$\text{Çatı Yağmur Suyu Miktarı} = \text{Toplama Alanı (m}^2\text{)} \times \text{Yıllık Yağış Miktarı (mm)} \times \text{Akış Katsayısı} \times \text{Filtre Verim Katsayısı}$$

Akış katsayısı olarak çatı yüzey türlerine göre DIN 1989 standardında belirtilen 0.8 değeri; filtre verim katsayısı olarak ise 0.9 değeri kullanılmıştır.

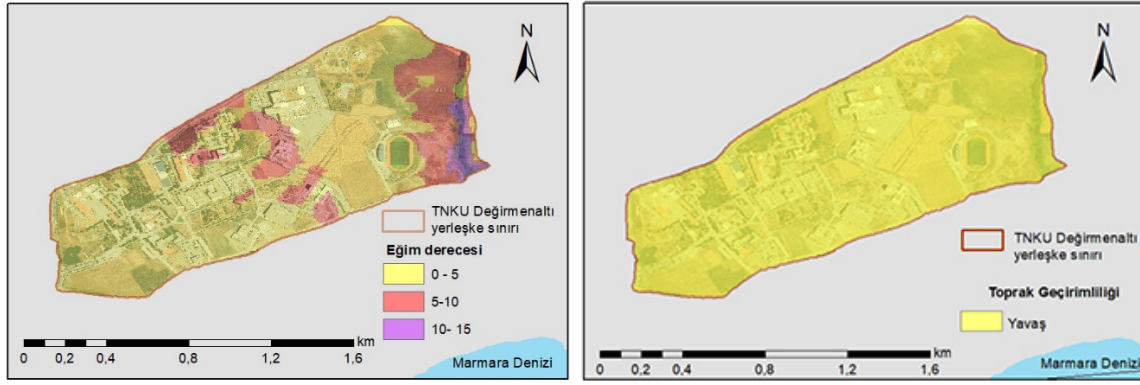
Yerleşke vaziyet planı ve Google Earth Pro programı kullanılarak yerleşke içerisindeki binaların güncel durumu tespit edilmiş ve binaların toplam çatı alanları AutoCAD 2018 programı yardımı ile hesaplanmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen toplam yıllık yağış miktarı ve bina çatı yüzeylerinde kullanılan malzeme türleri tespit edilmiştir. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan 2022 tarihli “Yağmur Suyu Hasadı Rehber Dokümanı”nda belirtilen akış katsayıları, kiremit ve beton döşemeler için sırasıyla 0.75-0.90 ve 0.60-0.80 aralığındadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2022). Akış katsayısı olarak kiremit ve beton kaplamalar için 0.8 değeri kullanılmış ve filtre etkinlik katsayısı 0.9 olarak alınmıştır. Daha sonra bina çatılarında toplanabilecek yıllık yağmursuyu miktarı, binalardaki yıllık su tüketimi ile kıyaslanarak yeşil alanların sulanması ya da bina rezervuarları gibi gri su olarak ne kadar su tasarrufu yapılabileceği saptanmıştır.

**Potansiyel uygulama alanlarının belirlenmesi:** Yerleşkedeki sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamaları için uygun alanların belirlenmesinde, Çizelge 2’de belirtilen kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Buna göre, yerleşkeye ait eğim ve toprak geçirimsizliği haritası, Şekil 2’de verilmiştir.

Analiz sonuçları, yerleşke ölçeğinde uygulanabilir sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesi için temel oluşturmuştur.

### Çizelge 2. Alan seçiminde dikkate alınan faktörler.

Faktör	Açıklama
Eğim ve Topografya	Eğimli alanlar, yağmur suyunun akış yönünü belirleyerek, suyun yer altına sızmasını kolaylaştırmakta ve taşkın riskini azaltmaktadır. Bu, etkili bir yağmur suyu yönetimi için temel bir unsurdur (Benedict ve McMahon, 2006; Moser ve Huber, 2020).
Yüzey Geçirgenliği	Geçirgen yüzeyler, yağmur suyunun yer altı su kaynaklarına karışmasına olanak tanımakta ve suyun doğal döngüsünü desteklemektedir (Berland ve ark., 2017).
Mevcut Altyapı ve Peyzaj	Mevcut yeşil alanlar ve altyapı, yağmur suyu yönetimi uygulamalarının hayata geçirilmesini kolaylaştırmakta ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır (Cettner ve ark., 2013).
Kullanıcı Yoğunluğu ve Estetik Tasarım	Estetik ve işlevsel tasarımlar, kullanıcı deneyimini geliştirerek sosyal sürdürülebilirliği desteklemekte; estetik alanlar doğa ile bağ kurarken, işlevsel özellikler bu alanların kullanımını teşvik etmektedir (Bödeker ve Krejci, 2022).



(a)

(b)

**Şekil 2.** TNKÜ Değirmenaltı Yerleşkesi (a) Eğim Haritası ve (b) Toprak Geçirimsizliği Haritası.

### 3. Bulgular

Bu bölümde, TNKÜ Değirmenaltı yerleşkesinde sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi için yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen bulgular sunulmaktadır.

#### 3.1. Yüzey akış miktarı

Yerleşke içerisindeki geçirimsiz ve geçirimli alanlar analiz edilerek yüzey akışı hesaplanmıştır (Çizelge 3). Rasyonel Yöntem kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda, Çizelge 4'te sunulan verilere göre yıllık toplam yüzey akış miktarının  $5130.36 \text{ m}^3$  olduğu belirlenmiştir. Bu değer, yerleşke içerisinde etkin bir yağmur suyu yönetiminin önemini vurgulamaktadır.

**Çizelge 3.** Ana giriş kapısı ve çevresinde bulunan geçirimli ve geçirimsiz zemin oranlarının analizi (Hersek ve Korkut, 2021).

Alan	Kategori	Alan ( $\text{m}^2$ )	Oran (%)
Geçirimli Zemin	Yeşil alanlar (Refüjler, kavşaklar)	4047	32.31
Geçirimli Zemin Toplamı		<b>4047</b>	<b>32.31</b>
Geçirimsiz Zemin	Yaya ve araç yolları	8364	66.79
	Yapılar (Giriş kapısı vb.)	111	0.90
Geçirimsiz Zemin Toplamı		<b>8475</b>	<b>67.69</b>
Tüm Alan		12523	100

**Çizelge 4. Yerleşke aylık yüzey akışı miktarları.**

Ay	I (mm)	Geçirimsiz Yüzey Akışı (m <sup>3</sup> )	Geçirimli Yüzey Akışı (m <sup>3</sup> )	Toplam Akış (m <sup>3</sup> )
Ocak	68	518.43	82.59	601.02
Şubat	54.5	415.02	66.27	481.29
Mart	53.4	406.82	64.73	471.55
Nisan	42.1	320.88	51.12	372.00
Mayıs	37.2	283.34	45.13	328.47
Haziran	38.3	291.95	46.42	338.37
Temmuz	23.8	181.49	28.87	210.36
Ağustos	15.5	118.43	18.80	137.23
Eylül	32.7	249.68	39.69	289.37
Ekim	60.2	459.64	70.48	530.12
Kasım	74.3	567.37	87.27	654.64
Aralık	80	610.20	97.13	707.33

### 3.2. Yağmur Suyu Hasadı



TNKÜ Değirmenaltı yerleşkesinde yağmur suyundan faydalanma potansiyelini en üst düzeye çıkarmak amacıyla yağmur suyu hasadı analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz kapsamında yerleşke içindeki binaların çatı alanları ve çatı malzeme türleri değerlendirilmiştir. Yerleşke içerisindeki binaların çatı alanlarının (öğrenci yurtları hariç) yaklaşık 59.730 m<sup>2</sup> olduğu belirlenmiştir.

Tekirdağ iline ilişkin Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan veriler, yıllık ortalama yağış miktarının 580 mm olduğunu göstermektedir (MGM, 2024). Bina çatı malzemeleri ağırlıklı olarak kiremit ve beton döşemedir. Akış katsayısı olarak kiremit ve beton kaplamalar için 0.8 değeri kullanılmış ve filtre etkinlik katsayısı 0.9 olarak alınmıştır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2022). Bina çatı alanlarından toplanan yağmur suyu ve su tüketimine ilişkin dikkate alınan ölçütler ve değerleri ile bina çatı alanlarından toplanabilecek potansiyel yağmur suyu miktarını ve yıllık su tüketimiyle olan oranı, Çizelge 5'de verilmiştir.

**Çizelge 5.** Bina çatı alanlarından toplanan yağmur suyu ve su tüketimine ilişkin ölçütler ve değerler.

Ölçütler	Değer (m <sup>3</sup> )
Toplam Çatı Alanı (m <sup>2</sup> )	59.730
Yıllık Yağış Miktarı (mm)	580
Akış katsayısı (0.8) × filtre etkinlik katsayısı (0.9)	0.72
Potansiyel Toplanacak Yağmur Suyu Miktarı	24.943
Yerleşkenin Yıllık Su Tüketimi	134.410
Yağmur Suyunun Su Tüketimine Oranı (%)	18.56

Bu verilere göre, yerleşkedeki bina çatılarında biriktirilebilecek yağmur suyu miktarının, yerleşkedeki 2023 yılına ait yıllık su tüketimi, 134.410 m<sup>3</sup>, ile karşılaştırıldığında yıllık su tüketiminin yaklaşık %18.56'sına denk geldiği belirlenmiştir. Bu oran, gri su kullanımı (rezervuar doldurma, bahçe sulama, araç yıkama gibi) için önemli bir su tasarrufu potansiyeli sunmaktadır. Bu bağlamda bina çatılarında biriken suyun depolanabilmesi için depolama tanklarının yerleştirilmesi önerilmiştir (Şekil 3). Bu tanklar, toplanan yağmur suyunun ihtiyaç duyulan dönemlerde kullanılmasına olanak tanıyacaktır. Uygulama için yerleşke içerisinde büyük çatı yüzeyleri, bina çevreleri, bahçeler, çatıdan su akışı olan alanlar önerilmiştir.

Örnek uygulama (Western Kentucky University, t.y.)	Yerleşke öneri uygulama alanı
	

**Şekil 3.** Depolama tankları için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

Yer altı veya yer üstünde binaların çevresi ve büyük açık alanlarda depolama tanklarının kurulması, biriken yağmur suyunun depo edilerek gerektiğinde sulama veya



temizlik gibi işlemlerde kullanılması sağlanabilir. Bu tanklar, özellikle kurak dönemlerde su tasarrufunu artırmak için hem de su kaynaklarının verimli kullanımı açısından önemlidir.

### 3.3. Yağmur Suyu Yönetimi için Potansiyel Uygulama Alanları

TNKÜ Değirmenaltı yerleşkesinde yağmur suyu yönetimine yönelik uygun alanlar belirlenirken, eğim derecesi, toprak geçirgenliği, mevcut altyapı ve peyzaj ile kullanıcı yoğunluğu ve estetik tasarım kriterleri dikkate alınmıştır. Bu alanlar, mevcut durumu iyileştirmek ve çevresel sürdürülebilirliği artırmak amacıyla seçilmiştir.

Analizler sonucunda yerleşke genelinde toprak geçirgenliğinin "yavaş" olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yağmur suyunun doğal olarak yer altına sızma kapasitesini sınırlasada, uygun tasarımlarla bu sınırın aşılabileceği öngörülmüştür. Yavaş geçirgenliğe sahip alanlarda suyun birikerek taşkın riskini artırmaması için, suyun yönlendirilmesi ve yer altı sızıntısına olanak sağlayan doğa temelli çözümler önerilmiştir.



Yerleşke alanındaki eğim analizi, düşük eğimli alanların yağmur suyu yönetimi açısından avantaj sunduğunu göstermiştir. Düşük eğimli bölgeler, suyun hızla akarak birikmesini önlerken yer altına doğal sızmayı kolaylaştırmaktadır. Doğangönül ve Doğangönül'e göre (2009), yağmur bahçeleri için ideal eğim yaklaşık %10 olup, maksimum %12 eğime kadar uygulanabilirken, biyolojik veya bitkilerle donatılmış hendeklerde hendeğin uzunlamasına eğimi %1-2 arasında olmalıdır (Günaydın ve Cengiz, 2023). %10'a kadar olan eğimli bölgelerde ise yağmur suyu yönetimi için uygun tasarımlar uygulanabilir. Bu bağlamda, yüksek eğimli alanlarda taşkın riskini azaltmak için yönlendirme hendekleri ve biyolojik çözümlerle suyun kontrol altına alınması önerilmektedir.

Ayrıca mevcut altyapının ve peyzajın korunmasına özen gösterilmiş; bu alanlarla uyumlu olarak yağmur bahçesi, sızma hendeği, biyolojik göletler ve geçirimli yüzeyler gibi doğa temelli çözümler önerilmiştir (Cettner ve ark., 2013; Günaydın ve Cengiz, 2023).

Kaldırım kenarlarında kırık bordür uygulamaları ve ağaç çukurları gibi daha küçük ölçekli çözümler, suyun doğrudan toprağa sızmasını artırarak taşkın riskini azaltmakta ve yeşil altyapıyı desteklemektedir.

Önerilen uygulamalar, belirtilen kriterler doğrultusunda yoğun kullanım alanlarında tercih edilerek estetik ve işlevsel tasarımlar ön plana çıkarılmış, böylece hem kullanıcı memnuniyeti hem de sosyal sürdürülebilirlik sağlanmıştır. Belirlenen potansiyel uygulama alanları ve önerilen çözümler aşağıda sunulmuştur.

**Yağmur Bahçesi:** Yerleşke içinde eğimli alanlar, merkezi bölgeler, spor sahalarının çevresi, yaya ve bisiklet yollarının kenarındaki yeşil alanlar ile otopark kenarları ve drenaj çıkışlarına yakın bölgeler için önerilmektedir (EPA, 2021) (Şekil 4).

Örnek uygulama (Seattle University, t.y.)	Yerleşke öneri uygulama alanı
	

**Şekil 4.** Yağmur bahçesi için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

Gölge bir alanda yer alan yağmur bahçesinde kullanılan doğal bitkiler arasında *Cercis canadensis*, *Cyrilla racemiflora*, *Aster novae-angliae* L., *Coreopsis majör* Walter, *Heuchera americana* L., *Lobelia cardinalis* L., *Lobelia siphilitica* L., *Osmunda cinnamomea* L., *Phlox divaricata* L., *Polystichum acrostichoides* (Michx.) Schott ve *Stylophorum diphyllum* (Michx.) Nutt. bulunmaktadır (Ashworth Environmental Design, 2015; Müftüoğlu ve Perçin, 2015).

**Sızma hendeği:** Sızma hendekleri, yağmur suyunu toplayarak doğal filtrasyon sağlar ve böylece suyun yer altı su seviyelerine sızmasını destekleyerek su yönetimi ve çevresel sürdürülebilirliği artırır (Ünal ve Akyüz, 2018; Saygın ve Ulusoy, 2011). Kentsel alanlarda drenaj ve su yönetimi için önemli bir çözüm sunan bu sistem, merkezi alanlar, yaya ve bisiklet yolları, yeşil alanlar, otoparklar ve drenaj çıkışlarına yakın bölgelerde kullanılmak üzere önerilmektedir (Şekil 5).

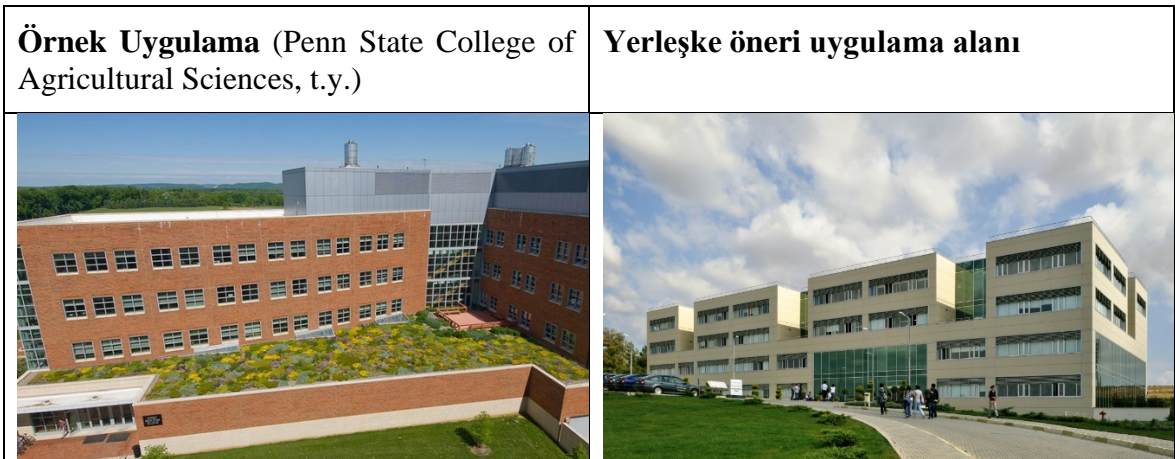
Örnek uygulama (SWMM5, 2016)	Yerleşke öneri uygulama alanları



**Şekil 5.** Sızma hendeği için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

**Çatı Bahçesi:** Bu bahçeler, öğrenciler ve personelin yeşil alanlara erişimini artırmak ve çevre bilincini geliştirmek amacıyla, kütüphane, öğrenci merkezleri ve yemekhane gibi binaların çatılarında önerilmektedir. Yerleşke içerisinde halihazırda bir çatı bahçesi projesi bulunan İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'nde, çatı bahçesinin uygulanması önerilmiştir (Şekil 6). Bu tür uygulamalar, kentleşmenin neden olduğu çevresel sorunlara çözüm sunmakta ve sürdürülebilir kampüs tasarımında önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, bu bahçeler yağmur suyu yönetimini kolaylaştırarak kentsel ısı adası etkisini azaltır, enerji verimliliğini artırır ve yaşam kalitesini yükseltir (Mentens, Taes ve Hermy, 2006).

Çatı bahçesi uygulamalarının önerilebilmesi için, yapısal uygunluk ve su yalıtımı konularına dikkat edilmelidir. Çatının statik taşıma kapasitesinin, bahçenin oluşturacağı ek yükleri (toprak, bitki, su) güvenle taşıyabileceği bir mühendislik analiziyle onaylanması gerekmektedir (ZinCo, t.y.). Ayrıca, su yalıtımı için kök geçirmezlik özellikli membranlar kullanılmalı ve sızıntıya karşı etkin koruma sağlanmalıdır. Bu tür yalıtım önlemleri, yapı hasarlarını önleyerek çatı bahçesinin uzun ömürlü olmasını destekler (Philippi, t.y.).



**Şekil 6.** Çatı bahçesi için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

**Biyolojik Göletler:** Biyolojik göletler, geniş çim alanları, hafif eğimli bölgeler, binalar arasındaki boşluklar, otopark kenarları ve drenaj çıkışlarının çevresinde uygulanması önerilen yapılar olarak öne çıkmaktadır (Şekil 7). Bu yapılar, yağmur suyunu toplamak ve doğal filtrasyon sağlarken, ekosistemlerin korunmasına ve biyolojik çeşitliliğin artırılmasına katkıda bulunmaktadır (Kadlec ve Wallace, 2009).



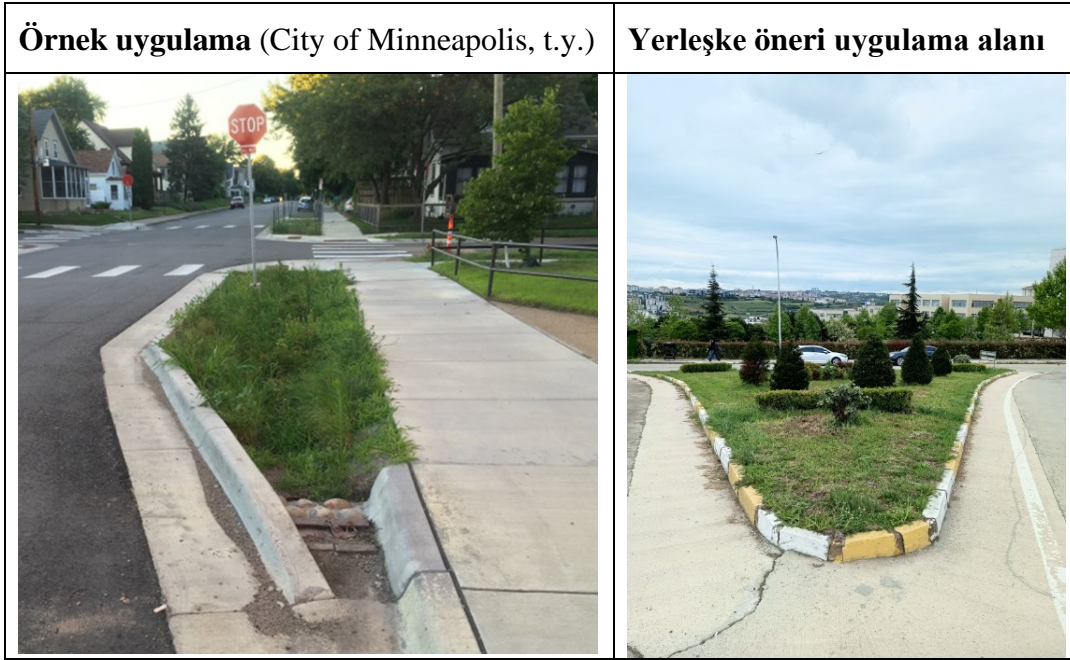
Şekil 7. Biyolojik göletler için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

**Geçirgen Zemin Kaplamaları:** TNKÜ Değirmenaltı yerleşkesinde bulunan 1.652.527 m<sup>2</sup>'lik alanın %38,2'sinin geçirimsiz olduğu belirlenmiştir (Hersek ve Korkut, 2021). Bu doğrultuda, yoğun kullanım alanlarında (yollar, kaldırımlar ve otoparklar) geçirgen parke taşlarının kullanılması ve yeşil alanların artırılması önerilmektedir (Şekil 8). Bu uygulama, yağmur suyunun doğrudan toprağa sızmasını sağlayarak yüzey akışıyla su kaybını azaltır ve taban suyunu beslemektedir (Scholz, 2015).



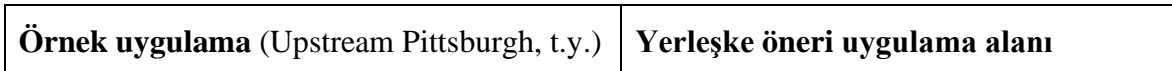
Şekil 8. Geçirgen zemin kaplamaları için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

**Kırık bordür uygulaması:** Yerleşke içinde yol kenarları, refüjler, yaya yolları, kaldırım kenarları, otopark alanları, drenaj çıkışları ve yeşil alan sınırlarında kullanımı önerilmektedir Kırık bordürler, yerleşke içinde yol kenarları, refüjler, yaya yolları, kaldırım kenarları, otopark alanları, drenaj çıkışları ve yeşil alan sınırlarında kullanılmak üzere önerilmektedir (Şekil 9). Bu uygulama, yağmur sularının doğru bir şekilde yönlendirilmesine yardımcı olarak, su yönetimine ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır.



**Şekil 9.** Kırık bordür için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

**Ağaç çukurları ve ızgaraları:** Yerleşke içinde yaya yolları, kaldırım kenarları ve otopark çevrelerinde kullanımı önerilmektedir (Şekil 10). Ağaç çukurları, ağaçların sağlıklı büyümesini desteklerken, ızgaralar da zemin yüzeyinin düzenlenmesine yardımcı olmakta ve estetik bir görünüm sağlamaktadır.





**Şekil 10.** Ağaç çukurları için örnek uygulama ve önerilen alan düzenlemesi.

Belirlenen uygulamalar, yerleşkenin ekolojik ve fiziksel özellikleriyle uyumlu, doğaya en az müdahaleyi içeren bir yağmur suyu yönetimi planının oluşturulmasını sağlamıştır. Önerilen bu uygulamalar, taşkın riskini azaltmayı ve yağmur suyunun daha etkin bir şekilde yönetilmesini hedeflemektedir.

#### 4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, TNKÜ Değirmenaltı Yerleşkesi'nde sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi kapsamında doğa temelli çözümlerin uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Yerleşke alanında gerçekleştirilen analizler, geçirimsiz ve geçirimli yüzeylerin su yönetimi üzerindeki etkilerini ortaya koymuş, Rasyonel Yöntem ile yapılan hesaplamalar sonucunda yıllık toplam yüzey akış miktarının 5130.36 m<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, etkin bir yağmur suyu yönetimi sisteminin yerleşke içinde uygulanmasının gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır. Ancak, bu çalışmada önerilen uygulamaların detaylı tasarımı ve boyutlandırması kapsam dışı tutulmuştur; bu konular gelecekteki çalışmalara yön verebilir.

Yerleşke içinde yapıların çatı alanlarında yağmur suyu hasadına yönelik yapılan değerlendirme, yıllık su ihtiyacının %18.56'sını karşılayabilecek bir potansiyel olduğunu göstermektedir. Bu, yüzey akışını azaltırken yeraltı su kaynaklarının korunmasına ve su döngüsüne katkı sağlama açısından önemlidir. Geçirimsiz yüzeylerin yerine geçirgen yüzeylerin ve yağmur bahçelerinin önerilmesi, yüzey akışını kontrol altına alarak suyun toprağa sızmasını artırmakta ve doğanın doğal filtreleme kapasitesinden faydalanılmasını mümkün kılmaktadır (Koç ve Öztürk, 2012).

Yağmur suyu yönetiminde, eğim derecesi, toprak geçirgenliği, mevcut altyapı ve peyzaj özellikleri ile kullanıcı yoğunluğu ve estetik tasarım kriterleri ön planda tutulmuştur. Yerleşkedeki toprak geçirgenliği genel olarak "yavaş" olarak belirlenmiş olup, bu durum

doğa temelli çözümlerin önemini vurgulamaktadır. Özellikle düşük eğimli alanlar, suyun yer altına sızmasını destekleyerek tercih edilmiştir. Yağmur bahçeleri, sızma hendekleri, biyolojik göletler gibi doğa temelli çözümler ve geçirgen yüzeyler, suyun yüzeyde birikmeden doğal yollarla yer altına sızmasını sağlamak için etkili yöntemlerdir. Ayrıca, çatı bahçeleri ve sarnıçlar gibi yapılar, bina çatı alanlarından toplanan suyun kullanımıyla su tasarrufu sağlamak için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Yoğun kullanım alanlarında estetik ve işlevsel tasarımlar, sosyal sürdürülebilirliği artırmada kritik bir rol oynamaktadır.

Yerleşke içindeki binaların büyük çoğunluğunun teras çatıya sahip olması, çatı bahçesi projelerinin uygulanabilirliği açısından bir avantajdır. Ancak, bu projelerin henüz hayata geçirilmemiş olması önemli bir eksikliklerdir. Yoğun kullanım alanlarında, örneğin kütüphane ve yemekhane çevresinde çatı bahçelerinin kurulması, kullanıcıların yeşil alanlara erişimini artırabilir ve çevre bilincini geliştirebilir.

Türkiye'de ve uluslararası alanda yapılan araştırmalar da doğa temelli çözümlerin yağmur suyu yönetimindeki etkinliğini desteklemektedir. Örneğin, Konya'da yapılan bir araştırma, geçirgen yüzeylerin yüzey akışını %25 oranında azalttığını göstermiştir (Köksal ve Uğur, 2019). Fletcher ve arkadaşları (2015) ise yağmur bahçeleri ve geçirgen yüzeylerin sürdürülebilir su döngüsü yönetimindeki önemini vurgulamaktadır.

Sonuç olarak, doğa temelli çözümler hem su tasarrufu sağlama hem de yerleşkenin ekolojik ve estetik değerini artırma açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu çözümler, yalnızca TNKÜ yerleşkesinde değil, diğer üniversite kampüslerinde ve kentsel alanlarda da örnek teşkil edebilir. Türkiye ve uluslararası literatürdeki bulgular, bu tür uygulamaların su kaynaklarının korunması, su döngüsüne katkı sağlanması ve iklim değişikliğine karşı daha dirençli yerleşimler oluşturulması açısından önemini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi stratejilerinin benimsenmesi, gelecekteki ekolojik sürdürülebilirlik hedefleri için kritik bir adım olacaktır.

## **Bilgilendirme**

Bu çalışmanın özeti, ICASEM IV Uluslararası Uygulamalı Bilimler, Mühendislik ve Matematik Kongresi'nde, 20.10.2022 tarihinde sunulmuştur.

## Kaynaklar

- Ashworth Environmental Design. (2015). *Rain gardens for Nashville—Make the most of the rain that falls on your property*. The Nashville District of the US Army Corps of Engineers and the Metropolitan Government of Nashville and Davidson County's Department of Water and Sewerage Services. p. 18.
- Avcı, İ. (1991). *Hidrolojik analiz ve tasarım*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Island Press.
- Berland, A., Shiflett, S. A., Shuster, W. D., Garmestani, A. S., Goddard, H. C., Herrmann, D. L., & Hopton, M. E. (2017). The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning*, 162, 167-177.
- Bödeker, S., & Krejci, M. (2022). The impact of urban green spaces on social interaction and well-being: Evidence from a systematic review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 69, 127462.
- Buesking, N. (2014). *Green tech review: Utilizing permeable pavements wisely in the landscape*. Land8. <https://land8.com/green-tech-review-utilizing-permeable-pavements-wisely-in-the-landscape/>.
- Cettner, A., Ashley, R., Hedström, A., & Viklander, M. (2013). Sustainable development and urban stormwater practice. *Urban Water Journal*, 10(3), 185-197. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2013.768683>
- Chow, V. T. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- City of Minneapolis. (t.y.). *Green stormwater infrastructure. Sustainable Development Goals - Minneapolis*. <https://sdg.minneapolismn.gov/design-guidance/boulevards-and-furnishings/green-stormwater-infrastructure> (Erişim tarihi: 14.09.2023)
- Coşkun Hepcan, Ç. (2022). “Doğa Temelli Çözümler ve Kentsel Dirençlilik”. *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, 1(2), 19-40.
- Çalışkan, U., 2007. ‘Karayolu ulaşım ağlarında yüzeysel drenaj sistemleri ve hidrolik tasarım esasları’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Delibaş, L., Bağdatlı, M. C., Danışman, A. (2015). Topoğrafya ve bazı toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında analiz edilerek ceviz yetiştiriciliğine uygun



- alanların belirlenmesi: Tekirdağ ili merkez köyleri örneği. *GÜFBED/GUSTIJ*, 5(1), 50-59.
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542.
- Gülbahar, N. (2016). A comparison study of some flood estimation methods in terms of design of water structures. *International Journal of Engineering Technologies*, 2(1), 8-13.
- Günaydın, N., & Cengiz Taşlı, T. (2023). Üniversite yerleşkelerinde sürdürülebilir yağmur suyu yönetim uygulamalarının belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi (COMU Journal of Agriculture Faculty)*, 11(2), 306-319.
- Hamidi, M.N., Hamidi, N., Işık, O., Güven, H., Özgün, H. & Erşahin, M.E. (2023), Sürdürülebilir Yağmur Suyu Hasadı, *İTÜ Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 24(2), 97-110.
- Hersek, G. (2019). ‘Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkez Yerleşkesinin kurakçıl peyzaj tasarım yaklaşımına göre irdelenmesi’. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Hersek, G. ve Korkut, A. (2021). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Yerleşkesinin Kurakçıl Peyzaj Tasarımı Bağlamında İrdelenmesi. *Artium*, 9(1), 1-10.
- Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands* (2nd ed.). CRC Press.[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/KADLEC%20WALLACE%202009%20Treatment%20Wetlands%202nd%20Edition\\_0.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/KADLEC%20WALLACE%202009%20Treatment%20Wetlands%202nd%20Edition_0.pdf)
- Kahveci, B. & Yıldız, N.E. (2023). Yağmur Suyu Hasadı Potansiyelinin Belirlenmesi; Niğde Kenti Örneği. *Kentsel Tasarım Öğelerine Mimari Bakış (s. 7-32)*. Ankara: Bidge Yayınevi.
- Koç, M., & Öztürk, H. (2012). Geçirimsiz yüzeylerin alternatifleri: Yağmur bahçeleri. *Peyzaj Mimarlığı Dergisi*, 5(2), 60-72.
- Köksal, A., & Uğur, B. (2019). Geçirgen yüzey kullanımı ile yüzey akışının azaltılması: Konya örneği. *Çevre Bilimleri Dergisi*, 18(2), 88-95.
- Mentens, J., Taes, D., & Hermy, M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning*, 77(3-4), 217-226.

- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2024). *İl ve ilçeler istatistik: Tekirdağ*.  
<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=TEKIRDAG>
- Moser, R., & Huber, M. (2020). Infiltration on sloping terrain and its role on runoff generation and slope stability. *Journal of Hydrology*, 586, 124-140.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124140>
- Müftüoğlu, V., & Perçin, H. (2015). Yağmur bahçesi: Sürdürülebilir kentsel yağmur suyu yönetimi kapsamında. *İnönü University Journal of Art and Design*, 5(11), 27-37.  
<https://doi.org/10.16950/std.34364>
- Namık Kemal Üniversitesi. (t.y.). *Engelsiz Üniversite*.  
<http://aday.web.nku.edu.tr/EngelsizUniversite/0/s/16055/20889> (Erişim tarihi: 03.01.2024)
- Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K. N., Rusch, G. M., Waylen, K. A., Delbaere, B., & Wittmer, H. (2017). The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. *Science of the Total Environment*, 579, 1215–1227.
- Oke, T. R. (1997). Urban climates and global environmental change. In R. D. Thompson & A. Perry (Eds.), *Applied Climatology: Principles & Practices* (pp. 273-287). Routledge.
- Özölçer, İ. H. (2016). Rainwater harvesting analysis for Bülent Ecevit University central campus. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1), 22-34.
- Pataki, D.E., Carreiro, M.M., Cherrier, J., Grulke, N.E., Jennings, V., Pincetl, S., Pouyat, R.V., Whitlow, T.H. and Zipperer, W.C. (2011) Coupling Biogeochemical Cycles in Urban Environments: Ecosystem Services, Green Solutions, and Misconceptions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, 27-36.
- Penn State College of Agricultural Sciences. (t.y.). *Green roofs*.  
<https://plantscience.psu.edu/about/facilities/green-roofs> (Erişim tarihi: 05.03.2024)
- Pennington, M. (2012). The rational method - Frequently used, often misused. In *Water New Zealand Stormwater Conference* (pp. 1-10). Wellington, N.Z.
- Philippi, P. M. (t.y.) *Introduction to the German FLL-Guideline for the planning, execution and upkeep of green-roof sites*. Retrieved from  
<https://www.epa.gov/sites/default/files/documents/IntroductiontotheGermanFLL2.pdf> (Erişim tarihi: 14.12.2023)
- Pouya, S., & Pouya, S. (2018). Sustainable landscaping in Istanbul Technical University. *Turkish Journal of Forest Science*, 2(1), 98-114.

- Purchase College. (t.y.). *Stormwater management infrastructure upgrades & improvements*.  
<https://www.purchase.edu/live/news/5036-stormwater-management-infrastructure-upgrades-amp> (Erişim tarihi: 10.04.2024)
- Ramírez-Agudelo, N. A., Porcar Anento, R., Villares, M., & Roca, E. (2020). Nature-Based Solutions for Water Management in Peri-Urban Areas: Barriers and Lessons Learned from Implementation Experiences. *Sustainability*, 12(23), 9799.
- Saygın, N., & Ulusoy, P. (2011). Stormwater management and green infrastructure techniques for sustainable campus design. *Journal of Polytechnic*, 14(3), 223-231.
- Scholz, M. (2015). Urban runoff. In J. H. Lehr, J. Keeley, & J. Lehr (Eds.), *Urban runoff* (pp. 498-501). John Wiley & Sons.
- Seattle University. (t.y.). *Rain Gardens of SU*. <https://www.seattleu.edu/grounds/significant-gardens/rain-gardens-of-su/> (Erişim tarihi: 10.02.2024)
- Sevimli, A. (2021). *Sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi uygulamaları: Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü örneği* Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Açık Erişim Sistemi.  
<https://acikerisim.uludag.edu.tr/items/f0d0a9d1-9989-4dd2-9c25-ee9dfd6a8915>
- SWMM5. (2016). *Infiltration trench lid control for LIDs in SWMM5 and InfoSWMM*.  
<https://swmm5.org/2016/09/05/infiltration-trench-lid-control-for-lids-in-swmm5-and-infoswmm/> (Erişim tarihi: 18.02.2024)
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2022). *Yağmur Suyu Hasadı Rehber Dokümanı*.  
<https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Su%20Kaynaklar%C4%B1%20C4%B0klim%20Proje/Ya%C4%9Fmur%20Suyu%20Hasad%C4%B1%20Rehber%20Dok%C3%BCman%C4%B1.pdf> (Erişim tarihi: 02.02.2024)
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2023). *Değişen iklime uyum çerçevesinde su verimliliği strateji belgesi ve eylem planı (2023–2033)*. Erişim adresi: [https://suverimliliği.gov.tr/wp-content/uploads/2023/09/SU-VERIMLILIGI-STRATEJI-BELGESI-ve-EYLEM-PLANI\\_dikey\\_260923.pdf](https://suverimliliği.gov.tr/wp-content/uploads/2023/09/SU-VERIMLILIGI-STRATEJI-BELGESI-ve-EYLEM-PLANI_dikey_260923.pdf)
- Taşkın, H. F., & Manioğlu, G. (2023). Yerleşme tasarımında arazi kullanım oranı ve malzeme seçiminin yüzeysel akış miktarına etkisi. In 15. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi* (pp. 1-10). İzmir, Türkiye.
- Tekirdağ Valiliği. (t.y.). *Coğrafi Durum*. <http://www.tekirdag.gov.tr/cograf-durumu> (Erişim tarihi: 14.01.2024)
- TEMA Vakfı (2017). *Su Hasadı ve Yağmur Bahçeleri El Kitabı*. TEMA Vakfı Yayınları.

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2021). *Rain gardens*. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/soakuptherain/soak-rain-rain-gardens>
- Upstream Pittsburgh. (t.y.). Stormwater tree pits. <https://upstreamphgh.org/projects/stormwater-tree-pits/> (Erişim tarihi: 01.10.2023).
- USDA (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds (TR-55)*. United States Department of Agriculture.
- Ünal, U., ve Akyüz, D. E. (2018). Yeşil altyapı uygulamaları kapsamında yağmur hendeklerinin önemi ve sürdürülebilir kent anlayışı ile değerlendirilmesi. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 3(2), 55–63.
- Ward, A., & Trimble, S. (2003). *Surface water hydrology*. Cambridge University Press.
- Western Kentucky University. (t.y.). *Rainwater collection*. <https://www.wku.edu/sustainability/rainwatercollection.php> (Erişim tarihi: 04.02.2024)
- Wijesinghe, W. M. D., & Wijesekera, N. T. S. (2016). Comparison of rational formula alternatives for streamflow generation for small ungauged catchments. *Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka*, 44(4), 29-36.
- Wurbs, R. A., & James, W. P. (2002). *Water Resources Engineering*. Prentice Hall.
- Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Değarj Sistemleri Yönetmeliği (2017, 23 Haziran). Resmi Gazete (Sayı: 30105). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170623-8.htm>
- Yaman, Ö., & Yenigül, S. B. (2022). İklim değişikliğine uyum ve etkilerinin azaltılması için doğa temelli çözümler: Kentsel tarım. *Kent Araştırmaları Dergisi (Journal of Urban Studies)*, 14 (Özel Sayı), 75-101. <https://doi.org/10.31198/idealkent.1197013>.
- ZinCo. (t.y.). *Design principles for green roofs*. Retrieved from [https://zinco-greenroof.com/sites/default/files/2023-02/ZinCo\\_Green\\_Roof\\_Basics.pdf](https://zinco-greenroof.com/sites/default/files/2023-02/ZinCo_Green_Roof_Basics.pdf) (Erişim tarihi: 03.01.2024)

## Türkiye’de Çınar Kanser Lekesi Etmeni *Ceratocystis platani* İçin Yeni Bir Lokalite Kaydı

### A New Locality Record for Cancer Stain of Plane Agent *Ceratocystis platani* in Türkiye

 Refika Ceyda BERAM<sup>1</sup>,  Sultan AKYOL<sup>1</sup>

#### Özet

*Ceratocystis platani*, “çınar kanser lekesi” hastalığına neden olan yabancı istilacı bir fungustur. Patojenin senep olduğu hastalık, “çınar kanseri” ya da çınar solgunluğu olarak da adlandırılmaktadır. Yerel olmayan bu patojenik organizma uluslararası ticaret ve insan faaliyetleri gibi nedenlerle coğrafi engelleri aşarak yeni ortamlara ulaşmakta ve ekosistem sağlığı üzerinde ciddi tehdit oluşturmaktadır. Bu etmen *Platanus* türlerine özelleşmiş agresif bir yara patojenidir. Ksilemden büyüyen iletim demetlerinin tıkanmasına, böylece kısa bir sürede ağacın ölümüne neden olmaktadır. Bu fungus aynı zamanda ciddi karantina tedbirlerine tabidir. Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Örgütü (EPPO) karantina organizması olarak kabul edilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri’nin doğusunda, Kaliforniya’da ve güney Avrupa’da hem kentsel hem de kırsal alanlarda on binlerce ağaç bu iletim demeti hastalığı nedeniyle ölmüştür. Bugüne kadar Avrupa’da; Arnavutluk, Ermenistan, Fransa, Yunanistan, İtalya, İsviçre ve Türkiye-İstanbul’da rapor edilmiştir. Bu çalışmada, *C. platani*’nin varlığı Türkiye’de Denizli ilinde *Platanus orientalis* türünde ilk kez kayıt altına alınmıştır. Kent merkezinde rüzgâr nedeniyle devrilen çınar ağacından alınan odun örneklerinde Taqman prob bazlı Real-time PCR kullanılarak fungusun varlığı tanımlanmıştır. Havuç inokulasyon metodu ve akvaryum tuzak metodları kullanılarak fungusun izolasyonları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen izolatlar morfolojik olarak karakterize edildikten sonra, ITS bölgesi (internal transcribed spacer) kullanılarak moleküler karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. ITS dizisinin BLAST analizi, daha önce bildirilen *C. platani* dizilerine %99-100 benzerlik göstererek izolat tanımlanmasını doğrulamıştır.

**Anahtar kelimeler:** Çınar kanseri, *Ceratocystis platani*, Yabancı istilacı patojen, Yeni lokalite, Denizli.

#### Abstract

*Ceratocystis platani* is an invasive fungus that causes the disease known as “canker stain of plane”. The disease, caused by the pathogen, is also known as “plane tree cancer” or plane tree wilting. This non-native pathogenic organism is able to overcome geographical barriers due to factors such as international trade and human activities, posing a serious threat to ecosystem health by reaching new environments. This agent is an aggressive wound pathogen specialized in *Platanus* species. Growing in the xylem, it leads to the blockage of vascular bundles, thereby causing the tree to die rapidly. This fungus is also subject to serious quarantine measures and has been recognized as a quarantine organism by the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). In the eastern United States, California, and southern Europe, tens of thousands of trees have died due to this vascular wilt disease in both urban and rural areas. To date, it has been reported in Europe in Albania, Armenia, France, Greece, Italy, Switzerland, and Türkiye-Istanbul. In this study, the presence of *C. platani* was recorded for the first time in the *Platanus orientalis* in Denizli province, Türkiye. The presence of the fungus was identified using Taqman probe-based Real-time PCR on wood samples obtained from a fallen plane tree in the city center due to wind. Subsequently, isolations of the fungus were performed using the carrot inoculation method and aquarium trap methods. After the isolates were morphologically characterized, molecular characterization studies were carried out using the ITS region (internal transcribed spacer). BLAST analysis of the ITS sequence confirmed the identification of the isolates by showing 99-100% similarity to previously reported *C. platani* sequences.

**Keywords:** Canker stain of plane, *Ceratocystis platani*, Invasive alien pathogen, New locality, Denizli.

## 1. Giriş

*Ceratocystis platani* (Walter) Engelbrecht & Harrington (Sinonim: *Ceratocystis fimbriata* f. *platani* C. May & J.G. Palmer), funguslar alemi, *Ascomycota* şubesi, *Pezizomycotina* alt şubesi, *Sordariomycetes* sınıfı: *Hypocreomycetidae* familyası: *Microascales* takımı: *Ceratocystidaceae* alt takımına ait bir türdür. Literatürde, *Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani* Walter, *Endoconidiophora fimbriata* f. *platani* Walter olarak da bulunmaktadır. Bu fungal etmenin neden olduğu hastalık “çınar kanser lekesi” olarak adlandırılmaktadır (CABI, 2022; EPPO, 2023). Hastalık, “çınar kanseri”, “çınar solgunluğu” adları ile de bilinmektedir. *Platanus* türlerinde meydana getirdiği ölümler nedeniyle Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Örgütüncü (EPPO) karantina organizması olarak kabul edilmiştir. Avrupa Birliği kategorizasyonunda (Annex II B) A2 karantina patojeni olarak yer almaktadır. Türkiye’de de “İthale Mâni Teşkil Eden Karantinaya Tabi Zararlı Organizmalar” (03.12.2011 tarihli, 28131 sayılı; Bitki Karantinası Yönetmeliği) listesinde yer almaktadır.

Bu etmen agresif bir yara patojenidir. Konukçu ağaçlara yalnızca sekonder olarak kalınlaşmış dokulardaki yaralardan girmektedir. Bir yara enfekte olduğunda, iç kabuğun (sekonder floem), vasküler kambiumun ve diri odunun kolonizasyonu hızla gerçekleşmektedir. Ksilemde büyüyerek iletim demetlerinin tıkanmasına, böylece kısa bir sürede ağacın ölümüne neden olmaktadır (Accordi, 1989).

*C. platani*'nin bugüne kadar bilinen tüm konukçuları *Platanus* cinsine ait türlerdir. Bu konukçular arasında *P. occidentalis*, *P. orientalis*, *P. racemosa*, *P. x hispanica* yer almaktadır. *P. x hispanica* (= *P. x acerifolia*) ve doğu ebeveyni *P. orientalis*, fungusun zararından en ciddi şekilde etkilenen türlerdir (Panconesi, 1981). *Platanus x hispanica*'nın Kuzey Amerikalı ebeveyni olan *P. occidentalis*, bu fungusun neden olduğu enfeksiyona karşı daha az duyarlıdır (McCracken ve Burkhard, 1977).

Hastalık nedeniyle ortaya çıkan ilk belirtiler, enfekteli dalların taşıdığı yaprakların solması ve sararması şeklinde görülmektedir. Dal ve gövde kabuğundaki çatlaklardan özsu sızıntısı meydana gelebilmektedir. Enfekteli alanlar üzerindeki ölü kabuk zamanla soluk kahverengiye dönerek çatlak bir görünüm almaktadır. Lezyonlu kabuk kaldırıldığında, kambium dokusunun isli koyu bir leke halini aldığı bilinmektedir. Fungus, ağacın yaşı ve enfeksiyonun şiddetine bağlı olarak enfekte ettiği ağacı birkaç aydan 2-5 yıla kadar varan bir zaman sürecinde öldürebilmektedir (Walter, 1946; Panconesi, 1981; Tsopelas ve ark., 2017).

Antropojenik etkinin daha zayıf olduğu geniş doğal meşcerelerde hastalık etmeni daha az görülmektedir. Kent ağaçlarında hastalık etmeninin yayılışından çoğunlukla budama ve hastalıklı ağaçların üzerinde ve çevresinde gerçekleştirilen insan faaliyetleri sorumludur. Hastalıklı ağaçlardan çıkan talaş oldukça bulaşıcı olup, bu enfekteli talaşların özellikle düzenli budamanın yapıldığı alanlardaki çınarlarda muhtemelen ana bulaş kaynağı olduğu düşünülmektedir (Jeger ve ark., 2016; Tsopelas ve ark., 2017). Teraslama makineleri gibi kullanılan araçlar fungus tarafından istila edilmiş toprağın taşınmasına sebep olmakta ve sağlıklı alanlara bu mikroorganizmanın hızla taşınımını kolaylaştırmaktadır.

Kök teması yoluyla ağaçtan ağaca doğal yayılış gerçekleşebilmektedir. Fakat kök kaynaşması diğer yayılış yollarına nazaran daha yavaş gerçekleşmektedir. Bu yolla uzun mesafelerde fungusun taşınması çok mümkün değildir (Accordi, 1986). Nehir kıyısı ekosistemlerinde ağaçlar arasında bulaşma su taşınımı ile olmaktadır (Grosclaude ve ark., 1991; Vigouroux ve Stojadinovic, 1990). Yunanistan'da ve Fransa'da bulunan bazı nehirler boyunca binlerce çınar ağacının ölümü bu taşınmanın en büyük örneğidir. Ayrıca vektör böceklerin de fungusu taşıyabildiğine dair bulgular mevcuttur (Crone, 1962; Soulioti ve ark., 2015). Uluslararası yayılışın en önemli sebebi ise enfekte konukçu bitkilerin ticaretidir (Lehtijarvi ve ark., 2018).

Fungusun, İkinci Dünya Savaşı'nın sonunda ABD'den enfekte ahşap ambalaj malzemeleriyle birkaç Güney Avrupa limanına geçiş yapmış olabileceği düşünülmektedir. Daha sonra İtalya'da hızla yayıldığı bilinmektedir (Panconesi, 1981). Fransa'da İtalya'ya nazaran daha yavaş bir yayılış göstermiştir (Vigouroux, 1979). Hastalık etmeninin varlığı Avrupa'da Arnavutluk (Tsopelas ve ark., 2015), Ermenistan (Simonyan ve Mamikonyan, 1982), Fransa (Anselmi ve ark., 1994; Ferrari ve Pichenot, 1974; 1976), Yunanistan (Tsopelas ve Angelopoulos, 2004; Elena ve ark., 2008), İtalya (Panconesi, 1981;1999; 2003), İsviçre (Gessler ve Mauri, 1987) ve Türkiye-İstanbul (Severoğlu ve Özyiğit, 2011; Lehtijarvi ve ark., 2018)'da rapor edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı Türkiye'de Denizli ili kent merkezinde fırtına sonrası devrilen bir çınar ağacında (*Platanus orientalis* L.) çınar kanseri etmeni *C. platani*'nin varlığını morfolojik ve moleküler olarak doğrulamak ve bu yeni lokaliteyi kayıt altına almaktır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Çalışma Alanı ve Örneklem

Bu araştırmada, Kasım 2023 tarihinde Türkiye'nin güneybatısındaki Denizli ili kent merkezinde rüzgâr sonrası gövdesinden koparak devrilen (Şekil 1) (37.7643403, 29.0822931) bir çınar ağacından alınan enfekteli odun örnekleri kullanılmıştır. Çınar ağacının devrilmesi sonucu sahaya gidilerek semptomatik örnekler toplanmış ve uygun koşullar altında laboratuvara taşınmıştır. Ayrıca Real-Time PCR yöntemi ile karşılaştırma yapabilmek amacıyla sağlıklı bir çınar ağacından alınan ve sağlıklı görünen odun dokuları toplanarak laboratuvara getirilmiştir.



**Şekil 1.** Denizli kent merkezinde enfekteli odun örneklerinin alındığı çınar ağacı.

### 2.2. *Ceratocystis platani*'nin İzolasyonu

#### 2.2.1. Havuç Metodu

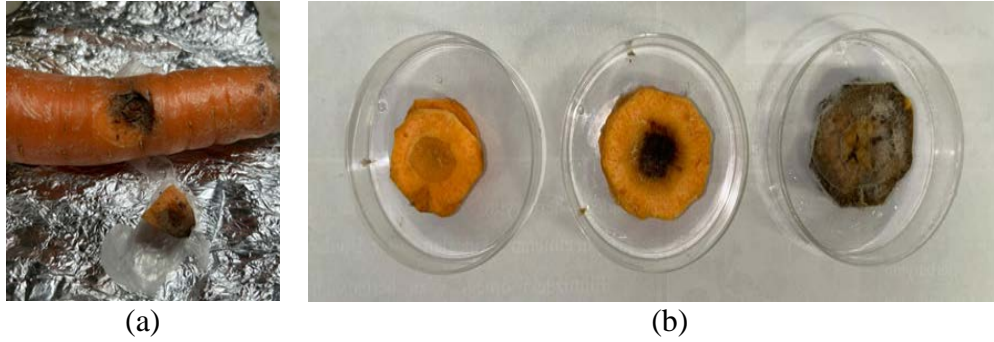
##### *Havuç inokulasyon metodu*

Araziden getirilen enfekteli odun örnekleri steril bir bistüri yardımı ile küçük parçalara ayrılmıştır. Temizlenmiş havuçlara steril mantar delici kullanılarak 5 mm'lik yaralar açılmıştır. Enfekteli odun parçaları bu yaralara yerleştirilmiş ve parafilm ile sarılmıştır. Enfekteli odun parçaları ile inokule edilen havuç örnekleri alüminyum folyo ile tamamen sarılarak 22°C'de 1 haftalık inkubasyona bırakılmıştır (Şekil 2) (Pilotti ve ark., 2009; 2012).



### ***Havuç disk metodu***

*Ceratocystis platani*'yi izole etmek için küçük parçalara ayrılan enfekteli odun örnekleri 5 mm kalınlığında kesilen havuç dilimlerinin arasına yerleştirilmiştir. Havuç sandviçleri nemlendirilmiş filtre kağıdı bulunan petri kaplarına yerleştirilmiştir ve 22°C'de 1 haftalık inkubasyona bırakılmıştır (Şekil 2; Moller ve De Vay, 1968).



**Şekil 2.** *Ceratocystis platani*'nin izolasyonu (a) havuç inokulasyon metodu; (b) havuç disk metodu.

Her iki havuç metodunda da inkubasyon süresi sonucunda inokulasyon alanı çevresinde oluşan *C. platani*'ye özgü peritesyumlar diseksiyon mikroskobu altında incelenmiş ve steril iğne yardımı ile içinde 0,5 mg/ml streptomisin sülfat bulunan %2'lik Patates Dekstroz Agar (PDA; Merck, Almanya) besi ortamına aktarılmıştır. Petri kapları 20-25°C 'de 1 hafta süre ile inkube edilmiştir

#### **2.2.2. Akvaryum Tuzak Metodu**

Arazi çalışmalarında alınan odun örnekleri, akvaryum pompası kullanılarak hazırlanan bir düzenek ile tuzaklama yapılarak izolasyon işlemine tabi tutulmuştur (Grosclaude ve ark., 1988). Bunun için enfekteli kısımlardan alınan odun parçaları, içerisinde 100-150 ml distile su bulunan 250 ml'lik erlenmayerlere yerleştirilmiş ve her bir örneğin bulunduğu erlene kabukları soyulmuş sağlıklı çınar dalları koyulmuştur. Erlenmayerler akvaryum pompası ile havalandırılarak 1 hafta oda sıcaklığında inkübe edilmiştir (Pilotti ve ark., 2009) (Şekil 3). İnkubasyon süresi sonunda çınar dalları diseksiyon mikroskop altında incelenerek, dallar üzerinde görülen peritesyumlar steril iğne yardımıyla alınıp içinde PDA bulunan petri kaplarına aktarılmıştır (Grosclaude ve ark., 1988).



**Şekil 3.** *Ceratocystis platani*'nin izolasyonu; akvaryum tuzak metodu.

### 2.3. *Ceratocystis platani*'nin Karakterizasyonu

#### 2.3.1. *Ceratocystis platani*'nin Morfolojik Karakterizasyonu

İzolasyonlar sonucu elde edilen izolatların koloni morfolojileri kaydedilmiştir. Kolonilerin günlük ortalama gelişme hızı 3 tekerrürlü olarak kayıt altına alınmıştır. Peritesyumlar ışık mikroskobu (Olympus) kullanılarak Olympus DP-Soft programı ile 40x'te ölçülmüştür. Elde edilen izolatlar Pamukkale Üniversitesi (Denizli/Türkiye) Fungal Biyoteknoloji Laboratuvarı'nda saklanmaktadır.

#### 2.3.2. *Ceratocystis platani*'nin Moleküler Karakterizasyonu

##### *Real-time PCR kullanılarak Ceratocystis platani*'nin hızlı tanınması

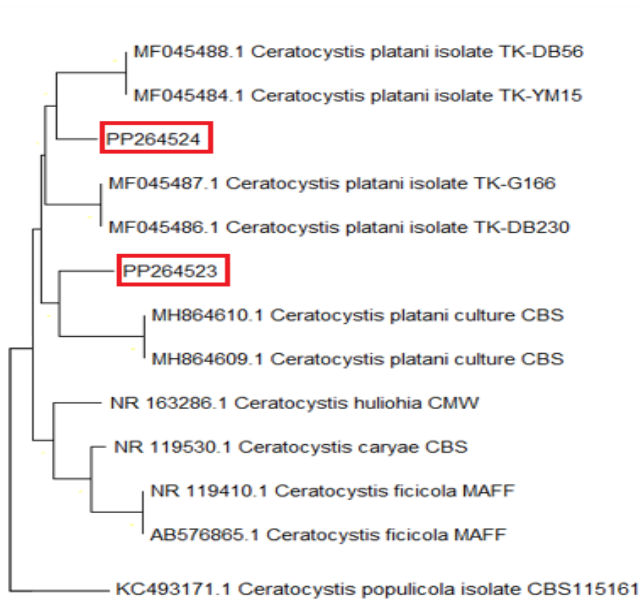
Hızlı tanılama için TaqMan probe yöntemi kullanılmıştır (Pilotti ve ark., 2012; Luchi ve ark., 2013; Lumia ve ark., 2018). Öncelikle odun dokusundan direk DNA ekstraksiyonu için High Pure PCR Template Preparation Kit (Roche) kullanılarak üretici firmanın talimatları uygulanmıştır. *C. platani*'nin tespiti için qPCR, Applied Biosystems™ StepOnePlus™ Real-Time PCR System (Thermo, USA) kullanılmıştır. *C. platani*'nin amplifikasyonu için tasarlanmış C.P.Sn. For.I (5'-CGTACCTATCTTG TAGTGAGATGAATGC-3'), C.P.Sn. Rev.I (5'-GAGTTTACAGTGGCGAGACTATACTG-3') primer çifti ve C.P.TM.Pr. (5'CGGTGCCCTTCAGAAGGGCCCTAC CACC-3') probu kullanılmıştır (Pilotti ark., 2012). TaqMan Prob olarak Roche-LightCycler® 480 Probes Master kullanılmıştır. Tüm örneklerin son hacmi 25 µl olarak belirlenmiştir. Real-time PCR koşulları; 10 ml Prob master mix; 1 ml forward primer, 1 ml reverse primer, 0.4 ml prob ve 2.6 ml grade water ve 10 ml template DNA şeklindedir. Tüm DNA örnekleri, SSI-Bio 0.1 mL PCR Plate, FAST®-Type, Low-Profile 96 kuyulu plakalarda analiz edilmiştir. Her örnek iki kopya halinde test edilmiştir. Negatif kontrol (NC) olarak her biri 5 ul steril su içeren iki kopya kullanılmıştır.

PCR protokolü; 95°C (10 dk), [40 döngü; 95°C (10 sn), 55°C (1 dk)], 40°C (10 sn) şeklinde uygulanmıştır.

***DNA sekans analizi ile Ceratocystis platani'nin tanınması***

Morfolojik tanımlamayı doğrulamak için, ribozomal DNA (ITS rDNA) bölgesinin dahili kopyalanmış aralayıcı dizisi 2 temsili izolat kullanılarak analiz edilmiştir. Genomik DNA, High Pure PCR Template Preparation Kit (Roche) kullanılarak üreticinin talimatları doğrultusunda taze miselyumdan ekstre edilmiştir. PCR amplifikasyonu, ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') ve ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (White vd., 1990) primer seti kullanılarak Xpert Fast Hotstart Mastermix (Grisp, Portekiz) ile gerçekleştirilmiştir. Amplifikasyon, her bir 10 pmol/µL primerden 1 µL, 12,5 µL Xpert Fast Hotstart Mastermix (2X), 7,5 µL PCR grade water ve 3 µL template DNA içeren 25 µL reaksiyon karışımı olmak üzere hazırlanmıştır. Amplifikasyon reaksiyonları, PCR thermocycler (Kyratec, SuperCycler Thermal Cycler, Australia) cihazında 95 °C'de 3 dakikalık başlangıç döngüsü (enzim aktivasyonu, template DNA'nın denatürasyonu), ardından 95 °C 15 s, 58 °C 15 s ve 72 °C 15 s, son uzama 72 °C'de 3 dakika olarak 40 döngü şeklinde gerçekleştirilmiştir. PCR ürünü BMLabosis (ANKARA) tarafından dizilenmiştir. Elde edilen nükleotid dizileri, benzer dizileri bulmak için bir GenBank (NCBI—Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi) araştırmasında incelenmiştir. NCBI veritabanından seçilen en benzer outgrup sekanslar BioEdit sürüm 7.2.6 software kullanılarak hizalanmıştır.

Genetik akrabalık Neighbor-Joining (NJ) yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve dalların güvenilirliği 1000 bootstrap çoğaltması ile değerlendirilmiştir (Şekil 4) (Tamura ve ark., 2004). Filogenetik ağaç, dış grup dahil toplam 13 nükleotid dizisini içermektedir. Analizler için MEGA11 yazılımı kullanılmıştır (Tamura ve ark., 2021).

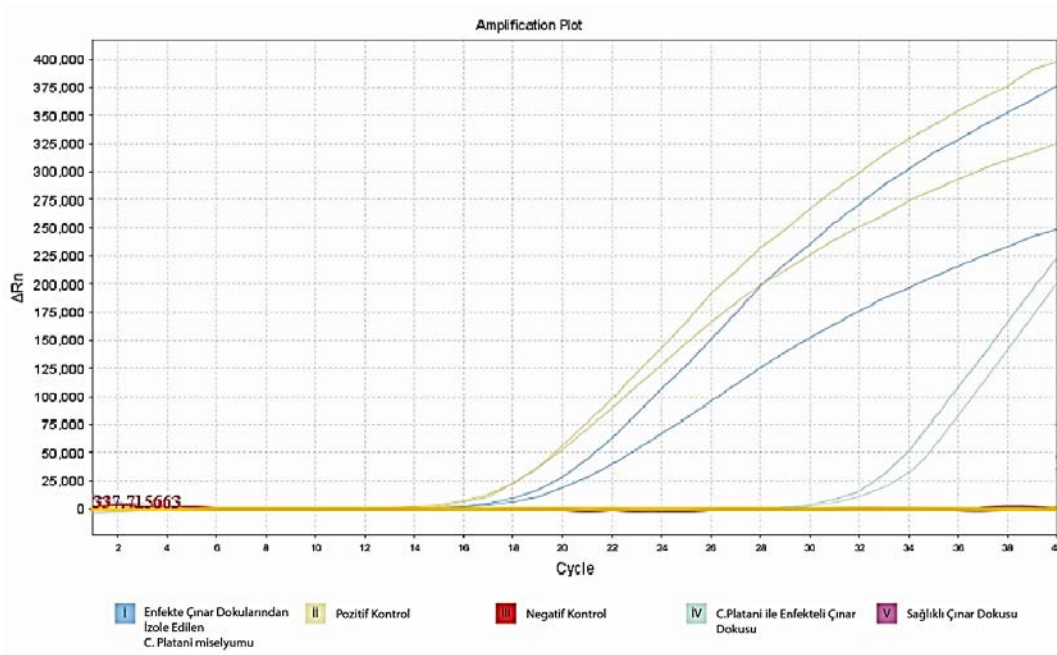


**Şekil 4.** *Ceratocystis platani*' ye ait ITS gen bölgesi için Neighbor-Joining (NJ) yöntemi ile oluşturulan moleküler filogenetik ağaç.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada uygulanan izolasyon ve tanılama yöntemleri Denizli kent merkezinde kuvvetli rüzgar nedeniyle gövdesinden ayrılarak devrilen bir çınar ağacında *C. platani* varlığını kanıtlamıştır. Her ne kadar *C. platani* bu ağacın devrilmesinde katkıda bulunan önemli bir faktör olsa da, örneklenen ağacın devrilmesi çoklu biyotik (çürüklük fungusları vb.) ve abiyotik faktörler arasındaki etkileşimlerin bir araya gelmesinden kaynaklanabilir. *C. platani*'nin iletim demetlerini tıkayarak ağacı zayıf düşürdüğü ve hızla ağacın ölümüne neden olduğu bilinmektedir (Accordi, 1989).

Devrilen çınar ağacından alınan enfekteli odun örnekleri ve sağlıklı bir çınar ağacından alınan odun örnekleri Real-time PCR ile analiz edilmiştir. Spesifik primer ve prob (Pilotti vd., 2012) kullanılarak elde edilen sonuçlar (Şekil 4) enfekteli odun örneğinde *C. platani* varlığını kanıtlamıştır. Sağlıklı çınar ağacından alınan odun örneğinde *C. platani*'ye rastlanmamıştır.



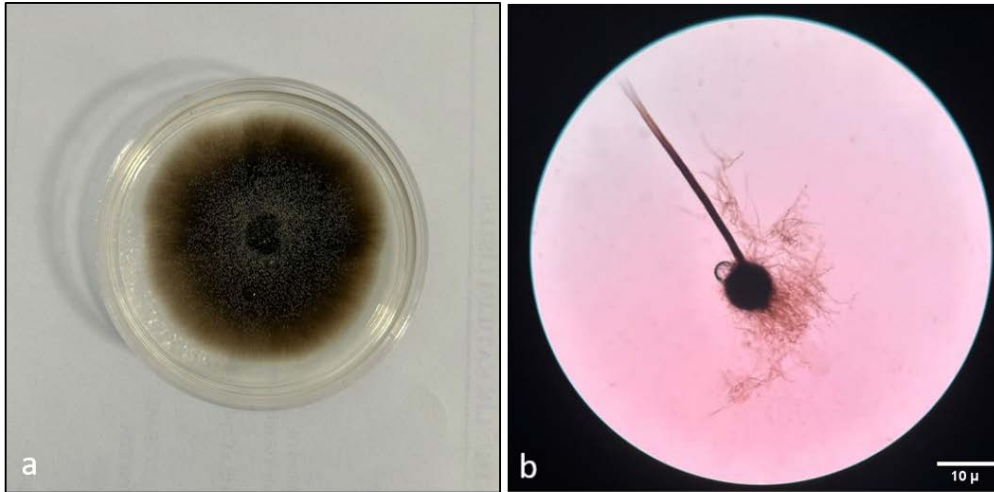
**Şekil 5.** ITS bölgesi TaqMan probu ile *Ceratocystis platani*'nin tespiti: (i) enfekte çınar dokularından izole edilen *C. platani* miselyumu, (ii) pozitif kontrol (iii) negatif kontrol (iv) *C. platani* ile enfekte çınar dokusu (v) sağlıklı çınar dokusu.

Son yıllarda, çınar kanseri nedeniyle çınar ağaçlarında meydana gelen ölümler Real-time PCR gibi hızlı tanı tekniklerinin kritik önemini bir kere daha göstermektedir (Panconesi 1999; Ocasio-Morales ve ark., 2007). Bu çalışmada, *C. platani*'nin odunda hızlı, duyarlı, güçlü, tekrarlanabilir ve özgün bir şekilde tespit yaptığı bilinen Taqman tabanlı Real-time PCR testi uygulanmıştır (Pilotti ve ark., 2012). Taqman testinde bir probun kullanılması nedeniyle hedeflenen primerlere ek olarak üçüncü bir genomik bölgenin kullanılabilmesi bu yöntemde özgünlük kazandırmaktadır (Hayden ve ark., 2006). *Ceratocystis* spp.'nin ITS bölgeleri üzerine yapılan araştırmalar, primerlerin ve probunun *C. platani*'yi *Ceratocystis* türlerinden ayırt etme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra *C. platani*, *Platanus* spp.'yi enfekte eden tek *Ceratocystis* türüdür ve bu testler *Platanus* türlerine doğrudan uygulanmak üzere geliştirilmiştir. (Pilotti ve ark., 2012).

Taqman metoduna göre, enfekteli odun dokusundan izole edilen *C. platani* miselyumu fungal gDNA için Ct değerleri kontrol 1 ve 2 için sırasıyla 14.4 ve 11.53'tür. *C. platani* ile enfekteli çınar dokusundan elde edilen fungal gDNA için Ct değerleri kontrol 1 ve 2 için sırasıyla 27.59 ve 28.13'tür. *C. platani* ile enfekteli odun dokusunda fungusun yoğunluğunun saf miselyum kültürüne göre daha düşük olduğu görülmüştür. Öte yandan, testler sağlıklı *Platanus* odununun kolonizatörü olan hedef dışı fungal türlere uygulandığında varsayılan arka plan eşliğinin üzerinde hiçbir floresans sinyali üretmedikleri görülmüştür.

Bu çalışmada fungal izolasyonlarda havuç inokulasyon metodu (Pilotti ve ark., 2009), havuç disk metodu (Moller ve De Vay, 1968) ve akvaryum tuzak metodu (Grosclaude ve ark., 1988) uygulanmıştır. Her üç yöntem de fungusun izolasyonunda başarılı sonuç vermiştir ve elde edilen peritesyumlar PDA besisi ortamında gelişme göstermiştir. İzolasyonlar sonucunda, fungusun PDA besisi ortamında büyüme hızı günde ortalama 0.4 cm olarak tespit edilmiştir. Ayrıca her üç yöntem de fungusun patojenik olduğu kanıtlamıştır (Grosclaude ve ark., 1988).

Fungal izolatların makroskobik özellikleri kolonilerin rengi ve şekli kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 5a). İlk birkaç gün miselyumlar şeffaf şekilde görünmektedir. Zamanla kolonilerin alt yüzeyleri grimsi yeşilden kahverengimsi yeşil bir renk almaktadır. Kolonilerin üst yüzeyleri oluşturduğu askospor üreten koyu kahve peritesyumları nedeniyle koyu benekler şeklinde görülmektedir. Bu benekler dokuya kısmen gömülü şekilde bulunmaktadır. Peritesyumlar (Şekil 5b) uzun, koyu bronz ile siyah, düz boyunlu, 400-1000 µm uzunluğunda, farklı ostiolar hiflerle çevrilidir (EPPO, 2003).



**Şekil 6.** *Ceratocystis platani*'nin makroskobik özellikleri; a. *Ceratocystis platani*'nin 25 °C karanlıkta 10 günlük koloni görüntüsü, b. *Ceratocystis platani*'nin peritesyumu.

Moleküler tanımlama için seçilen 2 temsili izolat dizilenmiştir. ITS dizisinin BLAST analizi, izolatların *C. platani*'nin daha önce bildirilen dizileriyle (NCBI—Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi) %99-100 benzerlikle tanımlandığını doğrulamıştır. Elde edilen izolatlara ait nükleotid sekansları için Genbankasından alınan erişim numaraları PP264523 ve PP264524'tür. Bu sekanslar, referans olarak alınan *C. platani* dizileri ile aynı grupta yer almaktadır.

Çınar ağaçları kentsel alan ağaçlandırmalarında sıklıkla kullanılan önemli bir türdür. Türkiye'de, İstanbul'da bulunan çınar ağaçlarının geriye doğru ölümleri ve ağaçların ölüm

oranı 2011 yılında ilk kez bildirilmiştir (Severoğlu ve Özyiğit, 2011) ve patojenin ağaç üzerindeki belirtilerine istinaden *Ceratocystis fimbriata* ssp. *platani* olduğu rapor edilmiştir. Lehtijärvi ve arkadaşları 2018 yılında İstanbul'un Avrupa yakasındaki çeşitli lokasyonlarda, yaklaşık 160 yıl önce İtalya'dan ithal edilen *P. × acerifolia* (Londra çınarı) ve *Platanus orientalis* (Doğu çınarı)'te *C. platani*'yi moleküler olarak tanımlayarak rapor etmiştir. Hastalığın Türkiye'deki yayılışın en önemli sebebi enfekte konukçu bitkilerin ithalatı olarak bildirilmiştir (Lehtijärvi ve ark., 2018). Türkiye'de bugüne kadar sadece İstanbul'da tespit edilen bu patojenin, bu çalışma ile ilk kez Denizli'de rapor edilmiş olması, patojenin yayılışının endişe verici düzeyde olabileceğinin bir işareti olabilir. Bu kayıt Türkiye'de gelecekte çınarların ne denli büyük bir tehdit altında olabileceğinin önemli bir göstergesidir.

Günümüzde *C. platani* için etkili bir kimyasal veya biyolojik kontrol yöntemi bulunmamaktadır (Jeger ve ark., 2016). Bu nedenle, patojenin kontrolü kültürel uygulamalara ve sıhhi yöntemlere dayanmaktadır. Özellikle doğu çınarı ve londra çınarı'nın *C. platani* enfeksiyonlarına karşı oldukça hassas olduğu bilinmektedir. Patojen tarafından enfekte edilen ağaçların mevcut durumda tedavi edilmesi mümkün olmamakla birlikte, bu ağaçlar yaş ve duyarlılık durumlarına göre 2-6 yıl içinde ölmektedirler (Panconesi, 1999).

Hastalık etmeni, enfekteli ağaçların köklerinden sağlıklı ağaçların köklerine bulaşabildiği gibi, enfekteli ağaç üzerinde oluşturulan fungal yapılar (sporlar, misel parçaları vb.) sayesinde etraftaki sağlıklı ağaçlara taşınabilmektedir. *C. platani* tarafından üretilen sporların doğal koşullar altında havada taşınmadığı bilinmektedir (Panconesi, 1999). Bu nedenle patojenin bitki ticareti gibi çeşitli yollarla ülkeye veya şehire bir kez giriş yaptıktan sonra, yapılan budama ve sanitasyon kesimleri sırasında etrafa yayılan enfekteli talaşlar aracılığıyla yerel olarak yayılabildiği söylenebilir. Hastalığın yayılışı sağlıklı bitki üreme materyallerinin kullanılmasıyla azaltılabilir. Bunun yanı sıra kesim aletlerinin enfekteli ağaçta kullanıldıktan sonra steril edilmeden sağlıklı ağaçlarda kullanılması da patojenin yayılımında oldukça etkilidir. Ayrıca enfekteli ağaçlara komşu kökleri bulunan ağaçlar da kök kaynaşması nedeniyle enfekte olabilir (Accordi, 1986). Bu ağaçlara komşu olan diğer ağaçların ortamdan kaldırılması ve yok edilmesi (Panconesi, 1999) gereklidir. Enfekteli ağaç alandan uzaklaştırılsa ve imha edilse bile ağaca komşu olarak bulunan diğer ağaçlar da hızlı tanı yöntemleri ile fungusun varlığı açısından analiz edilmeli ve etmenin bulunduğu tespit edilen ağaçlar imha edilmelidir.

Enfekteli ağacın bulunduğu toprakta fungus uzun bir süre yaşamaya devam edebilir. Toprakta bulunan odun materyalleri (talaş vb.) fungusun yaşam döngüsünü orada devam ettirmesine ve böylece dikilen yeni ağaç için bir inokulum kaynağı oluşturmasına sebep

olabilir. Bu nedenle enfekteli ağacın çıkarıldığı alanda ağaç kökü kesimin hemen ardından etkili bir kimyasal kullanılarak öldürülmelidir, toprağa sterilizasyon işlemi uygulamadan dikim yapılmamalıdır ve aynı alanda enfeksiyon riskinin devam etmesi nedeniyle alana yeniden aynı tür dikilmemelidir.

Nehir kıyısı ekosistemlerinde ağaçlar arasında bulaşma su taşınımı ile gerçekleşebilmektedir. Yunanistan'da ve Fransa'da bulunan bazı nehirler boyunca binlerce çınar ağacının ölümü bu taşınmanın en büyük örneğidir. Ayrıca vektör böceklerin de fungusu taşıyabildiğine dair bulgular mevcuttur (Soulioti ve ark., 2015). Dikim materyali, hastalığın bulunmadığı bölgelerden temin edilmeli ve bitkiler, *C. platani*'ye maruz kalmamış bir ortamda yetiştirilmelidir. Hastalıkla mücadelede, dayanıklı bitki ırklarının belirlenmesi ve kullanılması son derece önemlidir.

Devrilen bu gibi ağaçlar maddi hasara neden olmasının yanı sıra can kayıplarına da sebep olabilmektedir. Erken tanı her alanda olduğu gibi bitki hastalıklarının tespitinde de çok önemli bir rol üstlenmektedir. Dışardan sağlıklı gibi görünen birçok ağaçta bu gibi önemli problemler bulunabilmektedir. Böylece henüz belirti göstermeyen fakat hastalık etmenini taşıyan bitkiler erkenden tespit edilebilir ve hastalıkların aynı alanda bulunan diğer ağaçlara yayılması engellenebilir. Erken uyarı ve hızlı yanıt için etkili bir çerçeve, bitki patojenlerinin biyolojik istilalarının etkilerini azaltmak veya önlemek için çok önemli bir unsurdur. Bu nedenlerden dolayı LAMP (Loop Mediated Isothermal Amplification), Real-time PCR gibi teşhis süresini kısaltan hızlı tespit araçları, bitki sağlığının izlenmesinde, gözetiminde ve kantitatif patojen risk değerlendirmesinde önemli bir rol oynamaktadır. *Platanus* türlerini bu hastalıktan korumak için en iyi strateji, onlara hastalığın bulaşmasını önlemektir. Konukçuda semptomlar ortaya çıkmadan önce, hastalık gelişiminin erken aşamasında neden olan patojen hızlı ve güvenilir moleküler yöntemlerle tespit edilmelidir.

#### 4. Sonuç

*Platanus* türleri, ılıman iklimlerde kentsel alanlarda yaygın olarak kullanılan ağaç türleri arasında yer almaktadır. *C. platani*'nin neden olduğu hastalık, genellikle ağaçlarda ölüme yol açması ve hızla yayılması sebebiyle Türkiye dahil birçok Avrupa ülkesi için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu hastalığa karşı bitki sağlığı önlemleri dışında şu anda başka kontrol yöntemleri bulunmamaktadır. *Platanus* türlerinin bu patojene karşı gösterdiği belirgin duyarlılık göz önüne alındığında, çeşitli dirençli genotipler elde etmek için daha fazla ıslah çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, hastalığın görüldüğü ülkelerde



biyogüvenlik önlemlerinin ulusal düzeyde alınması kaçınılmazdır. Bu konuda deneyimli orman patoloğları ve yöneticilerden destek alınarak daha etkili önlemler geliştirilmelidir.

## Kaynaklar

- Accordi, M.S. (1986). Diffusione di *Ceratocystis fimbriata* attraverso le anastomosi radicali. *Informatore Fitopatologico*, 36(11), 53– 58.
- Accordi, S. M. (1989). The survival of *C. fimbriata* f. sp. *platani* in the soil. *Informatore Fitopatologico*, 39(5), 57-62.
- Anselmi, N., Cardin, L. & Nicolotti, G. (1994). Plane decline in European and Mediterranean countries: associated pests and their interactions. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 24(1), 159-171.
- CABI, (2022). Compendium, *Ceratocystis platani* (canker stain of plane). doi:10.1079/cabicompendium.12144, CABI International, Erişim Tarihi: 05.06.2023.
- Crone, L.J. (1962). *Symptoms, spread, and control of canker stain of plane trees*. Ph.D. Thesis, Rutgers University, New Brunswick, NJ.
- Elena, K., Alivizatos, A. S., & Varveri, C. (2008). New plant pathogens reported in Greece, 1990-2007. *Hellenic Plant Protection Journal*, 1(1), 1-25.
- EPPO, (2003). Standards: Diagnostic protocols for regulated pests: PM7/14 (1): *Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani*. EPPO Bulletin, 33, 245– 247. Erişim Tarihi: 05.06.2023.
- Felsenstein J. (1985). Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution*, 39(4), 783-791.
- Ferrari, J. P., & Pichenot, M. (1974). *Ceratocystis fimbriata* Ellis et Halsted f. *platani* (Walter), responsable d'une grave maladie du platane en France. La tache chancreuse. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, D*, 278, 2787-2789.
- Gessler, C. & Mauri, G. (1987). Le malattie e i parassiti del platano, situazione nel Ticino. *Botanica Helvetica*, 97(2), 349-356.
- Grosclaude, C., Olivier, R., Pizzuto, J. C., Romiti, C., & Madec, S. (1988). Detection par piégeage du *Ceratocystis fimbriata* f. *platani*. Application a l'étude de la persistance du parasite dans du bois infecté. *European Journal of Forest Pathology*, 18(7), 385-390.
- Grosclaude, C., Olivier, R., Pizzuto, J. C., & Romiti, C. (1991). Etude expérimentale du transport de l'inoculum de *Ceratocystis fimbriata* f. *platani* par l'eau d'une rivière. *European Journal of Forest Pathology*, 21(3), 168– 171.

- Hayden, K., Ivors, K., Wilkinson, C., & Garbelotto, M. (2006). TaqMan Chemistry for *Phytophthora ramorum* detection and quantification, with a comparison of diagnostic methods. *Phytopathology*, *96*(8), 846–854.
- Jeger, M., Bragard, C., Chatzivassiliou, E., Dehnen-Schmutz, K., Gilioli, G., Jaques Miret, J. A. & Rossi, V. (2016). Scientific opinion on the risk assessment and reduction options for *Ceratocystis platani* in the EU. *EFSA Journal*, *14*(12), 4640–4665.
- Lehtijärvi, A., Oskay, F., Doğmuş Lehtijärvi, H. T., Aday Kaya, A. G., Pecori, F., Santini, A., & Woodward, S. (2018). *Ceratocystis platani* is killing plane trees in Istanbul (Turkey). *Forest Pathology*, *48*(1), e12375.
- Luchi, N., Ghelardini, L., Belbahri, L., Quartier, M., & Santini, A. (2013). Rapid detection of *Ceratocystis platani* inoculum by quantitative Real-Time PCR assay. *Applied and Environmental Microbiology*, *79*(17), 5394-5404.
- Lumia, V., Modesti, V., Brunetti, A., Wilkinson, C.L., Di Lernia, G., Harrington, T.C. & Pilotti, M. (2018). Real-Time PCR for *Ceratocystis platani* detection: in-depth validation to assess the diagnostic potential and include additional technical options. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, *11*(4), 499-509.
- McCracken, F. I. & Burkhard, E. C. (1977). Destruction of sycamores by canker stain in the midsouth. *Plant Disease Reporter* *61*, 984-986.
- Moller, W. J., & De Vay, J. E. (1968). Carrot as a species-selective isolation medium for *Ceratocystis fimbriata*. *Phytopathology*, *58*(1), 123-124.
- Ocasio-Morales, R. G., Tsopeles, P., & Harrington, T. C. (2007). Origin of *Ceratocystis platani* on native *Platanus orientalis* in Greece and its impact on natural forests. *Plant Disease*, *91*(7), 901–904.
- Panconesi, A. (1981). *Ceratocystis fimbriata* of plane trees in Italy; biological aspects and control possibility. *European Journal of Forest Pathology*, *11*(7), 383–395.
- Panconesi, A. (1999). Canker stain of plane trees: A serious danger to urban plantings. *Journal of Plant Pathology*, *81*, 3–15.
- Panconesi, A., Moricca, S., Dellavalle, I., & Torraca, G. (2003). *The epidemiology of canker stain of Plane tree and its spread from urban plantings to spontaneous groves and natural forests*. In: Second International Symposium on plant health in urban horticulture, Berlin, Germany, 27-29 August, 2003 [ed. by Balder, H.\Strauch, K. H.\Backhaus, G. F.]. Berlin, Germany: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 84-91.

- Pilotti, M., Brunetti, A., Tizzani, L., & Marani, O. (2009). *Platanus x acerifolia* genotypes surviving to inoculation with *Ceratocystis platani* (the agent of canker stain): first screening and molecular characterization. *Euphytica*, *169*, 1-17.
- Pilotti, M., Lumia, V., Di Lernia, G., & Brunetti, A. (2012). Development of Real-Time PCR for in wood-detection of *Ceratocystis platani*, the agent of canker stain of *Platanus* spp. *European Journal of Plant Pathology*, *134*, 61-79.
- Saitou N. & Nei M. (1987). The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, *4*(4), 406-425.
- Severoğlu, Z., & Özyiğit, İ.İ. (2011). *İstanbul'da çınarlarda görülen mantar kökenli hastalıklar*. Özet [Fungal related diseases observed on plane trees in Istanbul. Abstract] Türkiye 1. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu, *188*, 23-25 Kasım, 2011, Antalya, Türkiye.
- Simonyan, S. A. & Mamikonyan, T. O. (1982). Diseases of plane tree. *Zashchita Rastenii*, *8*, 23-24.
- Soulioti, N., Tsopelas, P., & Woodward, S. (2015). *Platypus cylindrus*, a vector of *Ceratocystis platani* in *Platanus orientalis* stands in Greece. *Forest Pathology*, *45*(5), 367– 372.
- Tamura, K., Nei, M., & Kumar, S. (2004). Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *101*(30), 11030-11035.
- Tamura, K., Stecher, G., & Kumar, S. (2021). MEGA11: molecular evolutionary genetics analysis version 11. *Molecular biology and evolution*, *38*(7), 3022-3027.
- Tsopelas, P., & Angelopoulos, A. (2004). First report of canker stain disease of plane trees, caused by *Ceratocystis fimbriata* f. sp. *platani* in Greece. *Plant Pathology*, *53*(4), 531.
- Tsopelas, P., Palavouzis, S., Tzima, A. K., Tsopelas, M. A., Soulioti, N., & Paplomatas, E. J. (2015). First report of *Ceratocystis platani* in Albania. *Forest Pathology*, *45*(5), 433-436.
- Tsopelas, P., Santini, A., Wingfield, M. J., & Wilhelm de Beer, Z. (2017). Canker stain: a lethal disease destroying iconic plane trees. *Plant Disease*, *101*(5), 645-658.
- Vigouroux, A. (1979). Les 'dépérissements' des platanes: causes, importance, mesures envisageables. *Revue Forestière Française*, *31*, 28-39.
- Vigouroux, A., & Stojadinovic, B. (1990). Possibilité d'infection du platane par *Ceratocystis fimbriata* f. *platani* après contamination de l'eau où se développent des racines blessées. *European Journal of Forest Pathology*, *20*, 118– 121.

Walter, J. M. (1946). *Canker stain of plane trees*. US Department of Agriculture Circular No. 742.

White, T. J., Bruns, T., Lee, S. J. W. T., Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protocols: a Guide to Methods and Applications*, 18(1), 315-322.

## Valorization of hazelnut branch pruning wastes to medicinal mushroom (Reishi-*Ganoderma lucidum*) cultivation and nutritional quality properties

### Fındık budama atıklarının tıbbi mantar (*Reishi-Ganoderma lucidum*) üretiminde değerlendirilmesi ve besinsel kalite özellikleri

 Çağlar AKÇAY<sup>1</sup>,  Recai ARSLAN<sup>2</sup>,  Faik CEYLAN<sup>2</sup>

#### Abstract

In this study, *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst (Reishi) was cultivated with hazelnut branches (HB) for the first time. Yield, biological activity, mushroom quality characteristics, spawn running time, and total harvesting time were determined with harvested mushroom fruiting bodies. To assess the degradation properties of HB due to *G. lucidum*, chemical analysis (holocellulose,  $\alpha$ -cellulose, lignin, extractives, ash contents, and pH) of raw materials and cultivated mushroom composts was carried out. The changes that occurred in the structure of hazelnut branches examined according to their initial amounts. According to findings obtained from the current study, a 57.11 g/kg yield and 10.72% biological efficiency (BE) were achieved. Mean spawn running time (12.33 days), mean earliness (48.1 days), and mean total harvest time (95.1 days) were recorded. K element was the richest in mushroom fruiting body and HB. Nutritional quality properties were found to be similar with literature. After cultivation, holocellulose and pH values decreased while lignin, extractive, and ash contents proportionately increased, but  $\alpha$ -cellulose content was not changed significantly in the study. These findings obtained from the study that hazelnut branch wastes could be usefull for the cultivation of *G. lucidum*.

**Keywords:** Hazelnut pruning waste, *Ganoderma lucidum* cultivation, Reishi, Waste, Biodegradation.

#### Özet

Bu çalışmada, *Ganoderma lucidum* ((Fr.) Karst (Reishi) mantarı fındık budama atıklarında ilk defa yetiştirilmiştir. Verim, biyolojik aktivite, mantar kalite karakteristikleri, sarım zamanı ve toplam hasat süresi mantarların meyvelerinden belirlenmiştir. Ayrıca, mantar yetiştirilmesinin öncesi ve sonrasında *G. lucidum*'dan kaynaklı fındık budama atıklarının degradesyon özellikleri, fındık budama atıklarının kimyasal analizleri (holoselüloz,  $\alpha$ -selüloz, lignin, ekstraktifler, kül içeriği ve pH) yapılmıştır. Fındık budama atıklarının başlangıç miktarına oranla yapısında meydana gelen değişimler tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre 57.11 g/kg verim ve 10.72% biyolojik etkinlik belirlenmiştir. Ortalama sarım süresi (12.33 gün), ortalama toplam hasat zamanı (95.1 gün) kaydedilmiştir. K elementi en yüksek mantar meyvesinde ve HB'de görülmüştür. Besinsel kalite özellikleri literatür ile benzer bulunmuştur. Kültivasyondan sonra holoselüloz ve pH değerleri azalırken lignin, ekstraktif ve kül değerleri oransal olarak artmıştır. Fakat,  $\alpha$ -selüloz içeriği belirgin bir şekilde değişmemiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular fındık budama atıklarının *G. lucidum* yetiştiriciliğinde başarılı bir şekilde kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fındık budama atığı, *Ganoderma lucidum* yetiştiriciliği, Reishi, Atık, Biyodegradesyon.

## 1. Introduction

Hazelnut (*Corylus avellana* L.) is one of the most important plants for many fields of the food industry (Schiavi et al., 2022). Türkiye and Italy are responsible for 80% of the world's total hazelnut production. In 2019, Türkiye produced 776.046 tons of hazelnuts, Italy 98.536 tons, and Azerbaijan 53.793 tons, respectively. Shells and branch waste resulting from hazelnut production are seen as a significant source of concern (Puliga et al., 2022). It has been stated that  $3.585 \times 10^6$  tons of pruning waste was released into nature in Italy, and  $1.50 \times 10^6$  tons of it was burned in the fields (Moliner et al., 2021; Acampora et al., 2021). It has been stated that 1.7-2.1 million tons of hazelnut pruning waste were occurred into nature in Türkiye (Akçay et al., 2023; Ceylan, 2024). However, hazelnut branch pruning waste is not used as raw material in any industrial sector. Burning in the area causes environmental problems such as air pollution (Puliga et al., 2022; Guney, 2013).

In the last decade, zero waste policies have been adopted, and more environmentally friendly approaches have come to the fore for sustainable circular economies (Recepoğlu and Yüksel, 2021). For this reason, scientists are encouraged to benefit from by-products resulting from agricultural activities (Puliga et al., 2022). There are many studies previously published about the valorization of wastes generated as a result of hazelnut production and their transformation into value-added products. It has been stated that hazelnut shells are especially suitable raw materials for the creation of new MDF and chipboard materials (Çöpür et al., 2008). There are also more studies such as the production of ethanol, hydrogen, and pellets (Acampora et al., 2021; Hosgün et al., 2017; Midilli et al., 2000) from hazelnut wastes.

Mushrooms are an important food source and bioactive compounds with medicinal properties. Mushrooms such as Shiitake, Oyster and Reishi, which grow on lignocellulosic materials, can be grown in all seasons of the year. While Shiitake and oyster mushrooms are grown for culinary value, Reishi mushrooms are grown for their medicinal properties. Many lignocellulosic materials have been reported in the cultivation of Reishi mushrooms to date, but no study has been found on the valorization of hazelnut pruning wastes for the cultivation of Reishi. In our previous study, we also reported that hazelnut pruning wastes could be utilized for the production of oyster mushroom cultivation (Akçay et al., 2023).

The nutritional characteristics of mushrooms are dependent on the substrates used in the cultivation. Various factors can influence the chemical composition of mushrooms such

as organic content and biochemical constituents, pH value and mineral contents of substrates, decomposition activity of mushroom species (Garcia et al., 1998).

*Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst is a basidiomycete, known as Linghzi or Reishi in China and Japan, belonging to the Polyporaceae family. In complementary medicine, *G. lucidum* has traditionally been known as a popular mushroom used to treat human diseases. There are some medicinally active ingredients in *G. lucidum* that have many properties for human health, such as anti-bacterial, anti-inflammatory, anti-tumor, anti-parasitic, anti-viral, nerve tonic, blood pressure regulation, cardiovascular disorders, kidney tonic, hepatoprotective, sexual potentiator, and chronic bronchitis (Wasser et al., 1999).

The purpose of this study was the cultivation of value-added medicinal mushroom *G. lucidum* from hazelnut branches as well as the determination of quality properties of the produced mushroom. In addition, degradation properties of HB due to *G. lucidum*, raw materials, and cultivated mushroom composts were carried out for the chemical analysis of hazelnut pruning waste (holocellulose,  $\alpha$ -cellulose, lignin, extractives, ash contents, and pH). Chemical changes that occurred in the hazelnut pruning waste structure were examined.

## **2. Material and Method**

### **2.1. Preparation of Compost Materials**

Mushroom production was completed in the Mushroom Cultivation Laboratory, Application and Research Center for Recycling of Agricultural Wastes to Industry (DUTAGAM), Düzce University, Türkiye. Hazelnut branches were collected from hazelnut gardens after hazelnut harvesting. Hazelnut branches (*Corylus avellana* L.) were ground to a size of 1 cm in the Willey mill and used as the main compost material. Ground hazelnut branches were moisturized with water until the humidity reached 60%. 1% of CaCO<sub>3</sub> was added to the composts. Compost mixtures were filled into temperature-resistant bags and autoclaved at 90 °C for 1.5 hours. Ten replicates were used for the hazelnut brunch composts. The composts were cooled after autoclaving, and *G. lucidum* mushroom spawn were inoculated into the composts at the rate of 2% according to the dry compost weight. All inoculations were carried out in the air chamber featured with UV. Compost bags were tied with plastic clips and transferred to a dark incubation room controlled automatically. *G. lucidum* spawn was purchased from Yalova Mushroom Company, Yalova, Türkiye.

## 2.2. Incubation and Harvest of Mushrooms

Composts were held in an air-conditioned room at  $24 \pm 2$  °C and  $65 \pm 5$  % (relative humidity). After the mycelium colonization was completed, the temperature in the room was increased to  $28 \pm 2$  °C, and relative humidity was set up to  $90\% \pm 5$ . Ventilation was provided for 6-7 hours for a day. 50-60 lux light was applied to the room to be able to promote the mushroom fruit body form. Fruit bodies of the mushrooms were harvested after growing processes were completed. Then their wet weights were saved on precision scales. A total of 3 mushroom harvesting periods were achieved in the current study. The following formula was used to determine the mushroom biological activities and yield of composts according to the weights of mushroom fruit bodies.

$$\text{(Yield: Weight of fresh mushrooms harvested gr/ 1 kg substrate)}$$

$$\text{(Biological efficiency: Weight of fresh mushrooms harvested/ dry matter content of the substrate)} \times 100$$

In addition to yield and biological efficiency, spawn running time, first harvesting day (earliness), and total harvesting time were also determined.

## 2.3. Nutrient content analysis of cultivated mushrooms

Dry matter, ash, moisture, and nutrient analyses of the harvested mushrooms were carried out in Düzce University Scientific and Technological Research Application and Research Center (DÜBİT) laboratory, Düzce, Türkiye. Dry matter, ash, moisture, and nutrient element analysis of the *G. lucidum* mushrooms were determined according to procedure and explanations stated by Kacar (1994). Determination of fatty acids were carried out according to Turkish food codex regulation (2014), energy and carbohydrate FAO 77, fat NMKL 160, protein NMKL 60 (NMKL, 2024), total dietary fiber AOAC 991.43-1995 (AOAC, 1995), total sugar AOAC 968.20-1969 (AOAC, 1969), and salt Mohr's method (Korkmaz et al., 2001). These analyzes were carried out in Bilim Sağlık ve Laboratuvar Hizmetleri Tic. Ltd. Şti, İstanbul, Türkiye.

## 2.4. Measurement of total phenolic content (TPC) of the cultivated mushrooms

The total phenolic content of the *G. lucidum* was assessed according to the procedure reported by Singleton et al. (1999) and Demirci et al. (2021). First, 7.5 mL of distilled water was added to 100 µL of the mushroom extraction. Folin-Ciocalteu reagent and stock solution of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  were then added to the mixture as 500 µL and 1 mL, respectively. After then,



the absorbance values were recorded at 720 nm. Finally, findings were obtained as mg GAE g<sup>-1</sup>.

## 2.5. Chemical Analysis of Hazelnut Branch Wastes

### 2.5.1. Extractive content

The compost materials used before and after the cultivation were ground and sieved. Oven-dried samples (40 mesh) were prepared for the determination of extractives. 5 grams of control (undegraded) and degraded samples by *G. lucidum* were extracted by soxhlet with an acetone solution for 6 hours. Extracted samples were dried at 103 °C ±2 overnight. Extractive content of hazelnut branch control and degraded hazelnut branch was determined compared to the initial oven-dried weight. In this study, TAPPI T 204 cm-17 (TAPPI, 2017) standards with minor modification were used to determine the extractive content of the hazelnut branch.

### 2.5.2. Holocellulose content

Holocellulose contents for the hazelnut branch control and degraded samples were done according to the method of Wise and John (1952). Oven-dried and 40 mesh, 5 g of extractive-free samples were mixed with 160 mL of distilled water, 1.5 g of NaClO<sub>2</sub>, and 0.5 mL of glacial acetic acid, and these mixtures were kept at 78°C in a water bath for a couple of hours. After 1 hour, the same amounts of NaClO<sub>2</sub> and glacial acetic acid were added into the mixture, and heating was continued for 1 hour. Four intervals were generated, and then the mixture was filtered by a vacuum through a por. no. 2 crucible. Acetone and cold distilled water were used for the washing of residue, and then it was dried in an oven at 103 ± 2 °C. The holocellulose of waste hazelnut branches before and after cultivation was then calculated relative to the initial dried extractive-free weight.

### 2.5.3. alpha-cellulose content

TAPPI T 203cm-09 standard (TAPPI, 2009) was used to determine the alpha-cellulose content of hazelnut branches before and after mushroom cultivation according to holocellulose samples. 2 g of holocellulose materials were used as the initial. 10 mL of NaOH (17.5%) solution were added at 5-minute intervals. Afterwards, it was kept in a water bath at 20°C for 30 minutes, and then 33 mL of distilled water was added to the mixture and kept at 20°C for 60 minutes. Then the mixture was filtered through a por no 2 crucible. 100 mL of 8.3% NaOH, 15 mL of 10% acetic acid, and 250 mL of distilled water were used for washing the residue. After drying the residue at 105 ± 3 °C, α-cellulose (%) content of the

branch before and after mushroom cultivation was calculated according to the oven-dried holocellulose amount.

#### 2.5.4. Lignin content

Theoretical lignin amount was accepted as lignin content after removing the content as holocellulose amount from the materials by chlorination.

### 3. Results and Discussion

Mushroom properties cultivated from hazelnut branch were shown in Table 1. According to data obtained from the current study, a mean 57.11 g/kg yield was achieved from the compost prepared with the hazelnut branch. When mean biological efficiency value (BE) was examined, it was found that mean BE was 10.77%. Mean spawn running time, mean earliness, and mean total harvest time were recorded as 12.33, 48.13, and 95.1 days, respectively.

**Table 1.** Mushroom properties cultivated from hazelnut branch.

<b>Mean yield (g/kg)</b>	57.11 (15.5)
<b>Mean BE (%)</b>	10.77 (2.5)
<b>Mean spawn run time (day)</b>	12.33 (1.36)
<b>Mean earliness (day)</b>	48.1 (6.83)
<b>Mean total harvest time (day)</b>	95.1 (6.83)

Note: The values in parentheses are standard deviations

When our study was compared with the previous studies of Pekşen and Yakupoglu (2009), yield values were similar while BE values were found lower. Pekşen and Yakupoglu (2009) used tea waste as a supplement and found yield values of *G. lucidum* between 42 and 87 g/kg and BE values between 16 and 34%. Regarding the BE value, Gurung et al. (2012) found BE between 7.81% and 22.62%. They used the sawdust of *Alnus nepalensis*, *Shorea robusta*, and *Dalbergia sissoo* trees and some supplements such as rice bran, wheat bran, corn flour, and gram flour as substrates in *G. lucidum* cultivation. When the current study is compared with the literature, BE values are well agreement with Gurung et al. (2012). However, very low BE values were also recorded in their study regarding *Shorea robusta* (BE: 0.00%). Differentiations between BE values of sawdust substrates may be due to tight packing, poor aeration, and low water-holding capacity of sawdust. Another reason for the difference between BE values may be due to the different nutritional quality of the substrates used. Kurd-Anjaraki et al. (2022) found spawn run time to be max (36.66 days) and min (21.11 days). Gurung et al. (2012) found between 30 and 35 days, depending on different substrates and supplement types. It seems that spawn of *G. lucidum* is growing and spreading

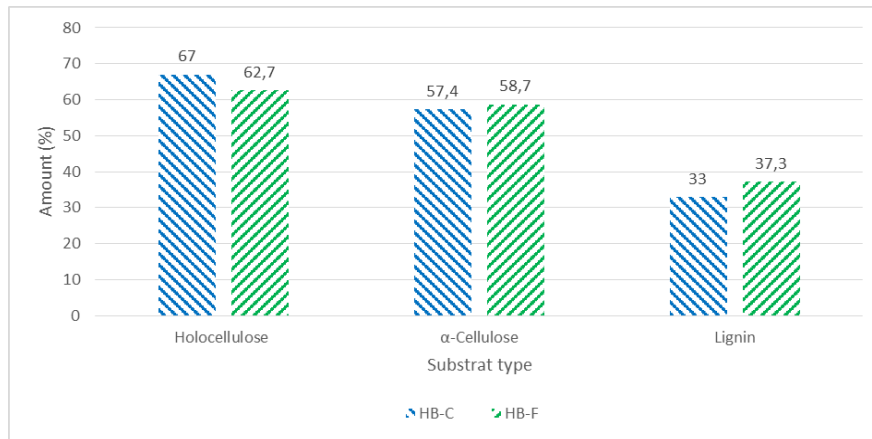
very fast on hazelnut branches used in the current study. Observing higher mycelium spawn run stages could be related to the amounts of nitrogen in the substrates. It was reported that plant materials with low C/N ratios are degraded more rapidly than those with high ratios, which is indicating that mycelium growth rate is related to nitrogen availability in the substrate used (Harith et al., 2014). The spawn run time of the mycelium also varies depending on the type of strain, substrate, and mineral elements, as well as the nitrogen contents in the substrate (Adenipekun and Gbolagade, 2006).

However, increasing the amount of N in substrates can cause a decrease in lignin degradation, which lead to reduce mycelium growth rate (Kurd-Anjaraki et al., 2022). Mean earliness was found between 99 and 65 days according to strain and substrate type in a study conducted by Kurd-Anjaraki et al. (2022). When our study results regarding earliness day (48.1 days) were compared with previous studies, our results showed shorter harvesting of the first fruiting body.



**Figure 1.** Cultivated Reishi (*G. lucidum*) mushrooms from hazelnut branch pruning wastes.

When chemical analysis of hazelnut branches before cultivation was examined, 67% holocellulose, 57.4%  $\alpha$ -cellulose, and 33% theoretical lignin was found in the cell wall component. On the other hand, 0.84% extractive content, 2.43% ash content, and 7.17 pH value were recorded before cultivation (Table 2). After cultivation, holocellulose,  $\alpha$ -cellulose, and pH value decreased proportionately while lignin, extractives, and ash values increased. Similar results regarding increases in the rates of ash and extractive contents were also found in studies conducted by Akcay et al. (2023) and Zhang et al. (2002).



**Figure 1.** Chemical change of hazelnut branch after Reishi cultivation (HB-C: Hazelnut Branch Control/Not fungal degraded, HB-F: Hazelnut Branch Fungal Degraded /After fungal attack).

Gençer and Özgül (2016) conducted a study and they showed that holocellulose, alpha cellulose, lignin, ash, and extractive substance in the hazelnut branch control samples (undegraded) were found to be 82.07%, 41.33%, 15.89%, 0.72%, and 2.83%, respectively. The component values of the hazelnut branch were found to be lower than those of Gençer and Özgül (2016). According to findings obtained from the current study, *G. lucidum* affected the holocellulose component of the hazelnut branch. Cell wall component structure of lignocellulosic materials is an important factor in mushroom yield. It was reported that high cellulose and lignin content prolong the mushroom harvesting time compared to those with low content. Similar results were also obtained regarding the proportionately increase in extractive and ash content while decreasing pH in our previous study in which *Pleurotus ostreatus* mushrooms were cultivated in the various lignocellulosic materials (Akçay et al., 2023). After cultivation, changes occurred in the components of the hazelnut branch that are attributed to secreting large amounts of enzymes by the fungi *G. lucidum*. During the cultivation, the enzymes secreted by *G. lucidum* cause the degradation of holocellulose,  $\alpha$ -cellulose, and lignin, but the enzymes act selectively. Therefore, the components were degraded at different rates.

**Table 2.** Chemical changes in extractives, ash and pH after cultivation.

Substrate	Extractives (%)	Ash (%)	pH
HB (Before cultivation)	0.84 (0.11)	2.43 (0.23)	7.17
HB (After cultivation)	3.39 (1.67)	8.1 (2.70)	4.46

HB: Hazelnut Branch, \*the values in parentheses are standard deviations

Fruit body size, mean total moisture content, and mean dry matter values of the mushrooms cultivated on hazelnut branches can be seen in Table 3. According to Table 3, mean mushroom fruit body dimensions were measured at 9x6 cm. Mean dry matter content was found to be 27.7%. These results were in agreement with Khoo et al. (2022).

**Table 3.** Some mushroom quality properties.

Compost formulation	Fruit body diameter (cm)	Mean total moisture (%)	Mean dry matter (%)
HB (Hazelnut branch)	9x6	72.3 (3.39)	27.7(3.39)

Table 4 shows elemental and ash results of MF (Mushroom fruitbody) and HB. According to obtained results, the highest element was found to be P by 6380.9 mg/kg, while the lowest was B element by 2.1 mg/kg in MF. When Table 4 investigated that K (4010.3 mg/kg) was found the highest while Cu was found as 3.8 mg/kg in HB. Peksen and Yakupoglu (2009) also found K as the highest element in mushroom fruit bodies cultivated from tea wastes. For this reason, the results obtained from the current study were well agreement with those reported by Peksen and Yakupoglu (2009). K was found to be the highest element in raw material in both their study and our current study.

**Table 4.** Some elemental contents of Mushroom MF and HB.

Material Type	mg/kg									
	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Ash (%)
MF	6380.9	10617.5	226.6	1014.8	66.6	30.7	38.9	7.4	2.1	7.3
HB	1159.3	4010.3	1724.2	311.2	28.9	3.8	8.3	90.5	5.8	1.3

MF: Mushroom Fruitbody, HB: Hazelnut Branch Waste

Table 5 shows some important nutritional contents in 100 g of mushrooms cultivated from hazelnut branches in the study. Protein amount of mushrooms was found to be 17.39 g. Peksen and Yakupoglu (2009) found similar protein amounts (between 13.59% and 16.34%) in *G. lucidum* cultivated from tea waste. Total carbohydrate value (68.6 g/100 g) in the current study was found to be higher than carbohydrate value (26–28%) in the study conducted by Mau et al. (2001). They also found that *G. lucidum* contains 1.8% ash, 3–5% crude fat, 59% crude fiber, and 7-8% crude protein. Since total phenolic content (TPC) is important for the antimicrobial properties, it was determined in the study. 2.1 mg GA/g was found in the *G. lucidum* mushroom cultivated from HB. Demirci et al. (2021) determined TPC ranged from 2.35 to 10.46 mg GA/g in commercial Reishi mushroom products in powder form. Ćilerdžić et al. (2014) reported that TPC of *G. lucidum* cultivated on wheat

straw varied from 28.06 mg GAE/g to 52.15 mg GA/g. When our results were compared to other studies, lower TPC values were obtained. Raw material used in the mushroom cultivation and method for the determination of the TPC may affect the obtained different TPC values.

**Table 5.** Some important nutritional contents in 100 g mushroom cultivated from hazelnut branch wastes.

<b>Crude fat (g/100g)</b>	5.6
<b>Saturated fatty acids (g/100g)</b>	3.5
<b>Mono unsaturated Fatty Acids (g/100g)</b>	1.61
<b>Poly unsaturated fatty acids (g/100g)</b>	0.49
<b>Trans fatty acids (g/100g)</b>	nd
<b>Total sugar (g/100g)</b>	1.95
<b>Total carbohydrate (g/100g)</b>	68.6
<b>Protein (g/100g)</b>	17.59
<b>Total dietary fiber (g/100g)</b>	61.18
<b>Salt (g/100g)</b>	0.64
<b>TPC (mg GA/g)</b>	2.1
<b>Energy (kcal/kj)</b>	272/1141

nd: not detected, TPC: total phenolic content

#### 4. Conclusion

In this study, hazelnut branch wastes were evaluated as compost material for *G. lucidum* mushroom cultivation. According to the current study, *G. lucidum* yield was obtained at 57.11 g/kg, which were similar results with previous studies conducted in the literature. Mean earliness time (48.1 days) has been found shorter compared with literature. K element was found the highest in cultivated mushrooms and HB materials. Total sugar, carbohydrate, protein, dietary fiber, salt in 100 g mushroom indicated that nutritional quality values were accordance with literature. After cultivation, holocellulose and pH values of substrates were proportionately decreased while lignin, extractives, and ash values increased. This study indicated for the first time the potential valorization of recycling hazelnut branch waste to generate *G. lucidum* mushroom growth, sustaining zero-waste production.

#### Acknowledgements

The authors would like to thank Duzce University, Specialization Coordinator in Environmental and Health Technologies for providing laboratory facilities.

## References

- Acampora, A., Civitarese, V., Sperandio, G., Rezaei, N. (2021). Qualitative characterization of the pellet obtained from hazelnut and olive tree pruning. *Energies*, 14(14), 4083.
- Adenipekun, C.O., Gbolagade, J.S. (2006). Nutritional requirements of *Pleurotus florida* (Mont.) Singer, a Nigerian mushroom. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5(6), 597-600.
- Akcay, C., Ceylan, F., Arslan, R. (2023). Production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) from some waste lignocellulosic materials and FTIR characterization of structural changes. *Scientific Reports*, 13(1), 12897.
- AOAC (1969). Oil (recoverable) in fruits and fruit products.
- AOAC (1995). Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fibre in Foods.
- Ceylan, F. (2024). Effects of composts obtained from hazelnut wastes on the cultivation of pepper (*Capsicum annuum*) seedlings. *Scientific Reports*, 14(1), 3019.
- Ćilerdžić, J., Vukojević, J., Stajić, M., Stanojković, T., Glamočlija, J. (2014). Biological activity of *Ganoderma lucidum* basidiocarps cultivated on alternative and commercial substrate. *J. Ethnopharmacol*, 155(1), 312-319.
- Çöpür, Y., Güler, C., Taşçıoğlu, C., Tozluoğlu, A. (2008). Incorporation of hazelnut shell and husk in MDF production. *Bioresour Technol*, 99, 7402-7406.
- Demirci, A.Ş., Atik, D.S., Palabiyik, İ., Gülcü, M. (2021). Bioactive Properties of Commercial Reishi Mushroom Products in Powder Form. *JOTAF*, 18(2), 273-281.
- Korkmaz, D. (2001). Precipitation Titration: Determination of Chloride by the Mohr Method. *Methods*.
- Garcia, M.A., Alonso, J., Fernández, M.I., Melgar, M.J. (1998). Lead content in edible wild mushrooms in Northwest Spain as indicator of environmental contamination. *Arch Environ Contam Toxicol*, 34, 330-335.
- Gençer, A., Özgül, U. (2016). Utilization of common hazelnut (*Corylus avellana* L.) prunings for pulp production. *Drvna ind*, 67, 157-162.
- Guney, M.S. (2013). Utilization of hazelnut husk as biomass. *Sustain Energy Technol Assess*. 4, 72-77.
- Gurung, O.K., Budathoki, U., Parajuli, G. (2012). Effect of different substrates on the production of *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) Karst. *Our nature*, 10(1), 191.
- Harith, N., Abdullah, N., Sabaratnam, V. (2014). Cultivation of *Flammulina velutipes* mushroom using various agro-residues as a fruiting substrate. *Pesqui Agropecu Bras*, 49, 181-188.

- Hosgün, E.Z., Berikten, D., Kıvanç, M., Bozan, B. (2017). Ethanol production from hazelnut shells through enzymatic saccharification and fermentation by low-temperature alkali pretreatment. *Fuel*, 196, 280-287.
- Kacar, B. (1994). *Chemical analysis of plant and soil: III, Soil Analysis*. Ankara: Ankara Univ. Faculty of Agriculture, Education Res. Extension Found.
- Khoo, S.C., Ma, N.L., Peng, W.X., Ng, K.K., Goh, M.S., Chen, H.L., Tan, S.H., Lee, C.H., Luang-In, V., Sonne, C. (2022). Valorisation of biomass and diaper waste into a sustainable production of the medical mushroom Lingzhi *Ganoderma lucidum*. *Chemosphere*, 131477.
- Kurd-Anjaraki, S., Ramezan, D., Ramezani, S., Samzadeh-Kermani, A., Pirnia, M., Shahi, B.Y. (2022). Potential of waste reduction of agro-biomasses through Reishi medicinal mushroom (*Ganoderma lucidum*) production using different substrates and techniques. *Acta Ecologica Sinica*, 42(1), 90-101.
- Mau, J.L., Lin, H.C., Chen, C.C. (2001). Non-volatile components of several medicinal mushrooms. *Food Res Int*, 34, 521-6.
- Midilli, A., Rzeyev, P., Olgun, H., Ayhan, T. (2000). Solar hydrogen production from hazelnut shells. *Int. J. Hydrogen Energy*, 25, 723-732.
- Moliner, C., Arato, E., Marchelli, F. (2021). Current status of energy production from solid biomass in Southern Italy. *Energies*, 14(9), 2576.
- NMKL (2024). 160 standard, Scandinavian Food Analysis Committee.
- Pekşen, A. and Yakupoglu, G. (2009) Tea waste as a supplement for the cultivation of *Ganoderma lucidum*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25, 611-618.
- Puliga, F., Leonardi, P., Minutella, F., Zambonelli, A., Francioso, O. (2022). Valorization of hazelnut shells as growing substrate for edible and medicinal mushrooms. *Horticulturae*, 8(3), 214.
- Recepoglu, Y.K., Yüksel, A. (2021). Phosphorylated hazelnut shell waste for sustainable lithium recovery application as biosorbent. *Cellulose*, 28(15), 9837-9855.
- Schiavi, D., Ronchetti, R., Di Lorenzo, V., Salustri, M., Petrucci, C., Vivani, R., Giovagnoli, S., Camaioni, E., Balestra, G.M. (2022). Circular Hazelnut Protection by Lignocellulosic Waste Valorization for Nanopesticides Development. *Appl Sci*.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymol*, 299, 152-178.



- TAPPI (2017). Solvent Extractives of Wood and Pulp, Standard by Technical Association of the Pulp and Paper Industry.
- TAPPI (2009). Alpha-, beta- and gamma-cellulose in pulp.
- Turkish food codex regulation (2014). Turkish Food Codex Notification No. 2014/53 on methods of sampling and analysis of olive oil and olive-residue oil.
- Wasser, S.P., Weis, A.L. (1999). Medicinal properties of substances occurring in higher basidiomycetes mushrooms: current perspective (review). *Int J Med Mushrooms*, 1, 31-62.
- Wise, L.E. and John, E.C. (1952). *Wood chemistry*. New York: Reinhold Publishing Co.
- Zhang, R., Li, X., Fadel, J.G. (2002). Oyster mushroom cultivation with rice and wheat straw. *Bioresour technol*, 82, 277-284.

## Ofis Ortamlarında 5S Uygulamasının Verimlilik Üzerine Etkisi: Bir Orman Ürünleri İşletmesi Örneği\*

### The Effect of 5S Application on Productivity in Office Environments: A Forest Products Enterprise Example

 Özge HORASAN<sup>1</sup>,  Derya SEVİM KORKUT<sup>2</sup>

#### Özet

Bu çalışmada, israfa neden olan faktörleri ortadan kaldırarak daha sade, daha anlaşılır, daha ergonomik, daha verimli ve etkili, istenilen materyallere ulaşımı kolaylaştıran, çalışan motivasyonunu artıran bir çalışma ortamı oluşturmak amaçlanmıştır. Bu amaçla Düzce ilinde orman ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin insan kaynakları ofisinde 5S uygulaması öncesi ve sonrası görseller karşılaştırılmış ve 5S çalışmasının işletmeye sağladığı kazanımlar tartışılmıştır. Çalışma sonucunda, ofis ortamında düzensizliğe neden olan eşya ve malzemeler ortamdaki uzaklaştırılmış, ofis ortamı daha sade, daha ferah, daha ergonomik ve istenen her şeye kolay ulaşımı sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. İlgili birim çalışanlarının zaman kayıplarının ortadan kaldırılmasının yanı sıra dikkat dağınıklığından kaynaklanan hataların önlenmesi ve çalışan motivasyonunun artması sayesinde çalışan verimliliğinde artış sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** 5S sistemi, Orman endüstrisi, İşletme, Verimlilik.

#### Abstract

In this study, it is aimed to eliminate the factors that cause waste and to create a simpler, more understandable, more ergonomic, more efficient and effective working environment that facilitates access to the desired materials and increases the motivation of the employee. For this purpose, the visuals before and after the 5S application in the human resources office of an enterprise operating in the forest products sector in Düzce province were compared and the gains of the study for the enterprise were discussed. As a result of the study, the items and materials that caused disorder in the office environment were removed from the environment and the office environment was arranged to be simpler, more spacious, more ergonomic and to provide easy access to everything that was desired. Along with eliminating the time losses of the relevant unit employees, an increase in employee productivity was achieved thanks to the prevention of errors resulting from distractions and the increase in employee motivation.

**Keywords:** 5S system, Forest industry, Enterprise, Productivity.

Geliş Tarihi: 06.12.2024, Düzeltme Tarihi: 19.12.2024, Kabul Tarihi: 19.12.2024

Adres: <sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

E-mail: [deryasevimkorkut@duzce.edu.tr](mailto:deryasevimkorkut@duzce.edu.tr)

\*Bu çalışma, Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Orman Ürünleri Endüstrisinde 5S Sisteminin İncelenmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

## 1. Giriş

Teknolojinin her geçen gün gelişmesi neticesinde işletmeler, oluşan rekabet ortamında varlıklarını sürdürebilmek için adaptasyon süreçlerinde her türlü yeniliklere başvurumaktadırlar. İşletmelerin markalarının değerini arttırmak ve kurumsallaşmaları için her birimde kalite iyileştirme tekniklerini entegre etmeleri elzemdir. İşletmelerdeki en önemli hususlardan biri müşterilere istenilen zamanda kalite standartları gerekliliklerini karşılayabilen hizmet sunabilmektir. Bu hususta yalın üretim teknikleri işletmelere önemli ölçüde destek sağlamaktadır.

1950’li yıllarda Japonya’da faaliyet gösteren Toyota firmasında çalışan iki mühendis tarafından yalın üretim felsefesi ortaya çıkarılmıştır. Ford firmasının üretim hattındaki gözlemleri sonucunda az çeşitteki ürünlerin çok sayıda üretim modelini kullandıklarını ve bu modelin dezavantajlı olduğunu tespit etmişlerdir (Seçkin, 2007). Mevcut iş süreçlerinde müşterilere israftan arınmış değerler sunmak yalın üretim felsefesinin ana temasını oluşturmaktadır (Karşıyaka ve Sütçü, 2019). Bu felsefenin temelinde katma değer sağlamayan israflardan vazgeçilerek stok fazlalığı, gereksiz işgücü, maliyet israfı ve oluşacak hataların önlenmesi yatmaktadır (Ayvaz ve Kılıç, 2016). İsraf kavramının sadece maddi olarak değil manevi olarak da israfları ifade ettiği bilinmelidir.

“Yalın olmak” ihtiyaç dışında kalan her şeyden vazgeçilmesini ifade eder. Bir başka ifade ise, sadece ihtiyaç duyulan materyaller ile en etkili ve en verimli üretim sistemi oluşturabilmektir (Akdamar, 2014). Yalın üretim için kullanılan başlıca teknikler arasında kaizen, tam zamanında üretim, kanban, toplam verimli bakım, 5S, poka-yoke, jidoka, hücreli imalat uygulamaları ve diğer problem çözme teknikleri yer almaktadır (Kesit, 2019). Bu çalışmada başta zaman kayıpları olmak üzere her türlü kayıplardan uzaklaşabilmek ve verimliliği arttırabilmek amacıyla yalın üretim tekniklerinden biri olan 5S sistemi uygulamalarına başvurulmuştur.

5S sistemi; temelinde temizlik, düzen ve yalınlığı esas alan, her türlü israftan uzaklaşarak en yüksek verimle çalışılacak ortam koşullarını sağlamaya hizmet eden bir Japon felsefesidir (Bağlan, 2017). Japonca baş harfleri “S” ile başlayan Seiri (Sınıflandırma), Seiton (Düzenleme), Seiso (Temizlik), Seiketsu (Standartlaştırma), Shitsuke (Eğitim ve Disiplin) olmak üzere 5 aşamada uygulanan bir yöntemdir (Sevim Korkut ve ark., 2009). 5S sisteminin uygulama aşamaları kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir.

**Sınıflandırma (Seiri):** 5S sistemi ilk olarak çalışma alanında bulunan tüm makine, teçhizat, malzeme ve el aletlerinin kullanım sıklığı tespiti yapılarak ihtiyaç sıralaması

dahilinde çalışanın çalışma alanında en kısa sürede erişeceği konumlandırmanın sınıflandırılması aşaması ile başlar (Tekin ve ark., 2018). Çalışılan alanda bulunan her türlü malzemenin belli bir sistematik içerisinde sınıflandırılması yapılarak zaman kaybının ortadan kaldırılması hedeflenmektedir (Sevim Korkut, 2005). Gerekli ve gereksiz malzemelerin birbirinden ayrılmasını ve böylece gerekli olanların yakın yerlerde bulunmasını sağlayarak kullanımlarında maksimum verimliliği sağlamaktadır (Bektaş, 2010).

**Düzenleme (Seiton):** Araç gereç ve eşyaların gereklilik durumlarına göre sınıflandırılması işleminden sonra, düzenleme aşamasına geçilmektedir. Bu aşamanın amacı, malzemelere erişim kolaylığı sağlayacak adresleme sisteminin oluşturulmasıdır. Bu sayede hangi malzemenin nerede konumlanacağı net bir şekilde belirlenmiş olur. Adreslemeler yapılırken iş sağlığı ve güvenliği (İSG) kuralları da göz önüne alınarak ağır ve büyük boyutlu malzemeler yüzeye yakın konumlara, hafif ve küçük boyutlu olanlar üst bölgelere yerleştirilmesi fayda sağlamaktadır (Filiz, 2008). Düzenlemenin bir başka ifadesi, malzemelerin çalışanların kullanım sıklıklarına göre en kısa sürede ulaşacakları konumlandırma işleminin yapılmasıdır (Etleç, 2017). Bu aşamanın esas amacı, malzemelere erişimdeki zaman kayıplarının önüne geçerek, israflardan uzaklaşmak ve görsel estetik sunan bir çalışma alanı oluşturmaktır (Şeremet, 2019).

**Temizlik (Seiso):** Sınıflandırma ve düzenleme aşamalarının ardından 5S'in üçüncü aşaması olan temizlik, gereksizliklerden arındırılmış olan çalışma ortamında kullanılmasına karar verilmiş tüm araç-gereç ve eşyaların uzun süre amaca etkin bir şekilde hizmet edebilmesi için önceden belirlenen periyotlarla ve sorumlu kişiler sayesinde her türlü kir, toz, pislik ve yabancı maddelerin uzaklaştırılması işlemlerini içerir. Sorumlu kişilerin işlerini ne şekilde yapacakları hakkında talimatlar hazırlanarak yaptıkları işler belirli bir periyotta denetlenerek kontrol mekanizması uygulanır (Aksu, 2013). İşletmelerde temizlik konusunun bir kültür haline getirilebilmesi açısından çalışanın bireysel sorumluluk kazanarak, gereksizlik oluşturan atık ya da malzemelerin geri dönüştürebilir durumda olup olmadıklarına bakılarak israfların değerlendirilebilmesi de sağlanır. Ayrıca, çalışanlara daimi olarak temiz ve düzenli çalışma ortamı elde etmesi ile birlikte denetlemeler için de fazladan bir çaba sarf etmelerinin önüne geçilmesini sağlamaktadır (Kaymakçı, 2012).

**Standartlaştırma (Seiketsu):** 5S uygulamasının ilk üç aşamasının döngü halinde sürekliliğini sağlayan faaliyetlerin tümüdür. Standartlaştırma işlemi ile tüm aşamalarda zaman ve iş gücü israfı azaltılarak verimlilik artışı sağlamak kolaylaştırılmaktadır. Çalışma alanında renk belirteçleri ile tanımlamalar yapılarak ne ifade ettikleri açıklanmalı anlatılacak şekilde standart kurallar ve kontrol mekanizması oluşturulmaktadır (Kaymakçı, 2012). 5S

sistemi çalışmalarının işlevselliğini kaybetmemesi ve hattın eski haline geri dönmemesi için sistemin ilk üç aşamasının kontrollü denetimi sayesinde gerçekleştirilmelidir (Aksu, 2013).

**Eğitim ve Disiplin (Shitsuke):** Eski alışkanlıkların unutulması, yeni alışkanlıkların benimsenmesi için belirli noktaların kural haline getirilmesi gerekir. Bu noktaların uygulanabilir olması için 5S adımlarından olan disiplin ilkesine ihtiyaç duyulur (Yükselen Kaya, 2019). Yapılan tüm uygulamalarda 5S çalışmalarına dahil olan tüm katılımcıların eğitimler, ödüller ve çalışmaya teşvik edici tüm motivasyon arttırıcı faaliyetleri içermektedir. Bu sayede çalışmaların performans düzeyleri de ölçülerek daha ileriye taşınabilecek fikirler geliştirilmesi sağlanmalıdır (Seçkin, 2007).

Sektör ayırmaksızın her işletmeye uygulanabilir olması 5S sisteminin önemli bir avantajıdır. Sadece işletmelerin faaliyet durumlarına göre uygulama biçimlerinde farklılıklar görülebilir (Şeremet, 2019). 5S uygulandığı zaman; iş güvenliği, kalite, verimlilik ve duruşların azaltılması konularında önemli etkisi vardır. Sistemin başarısı tüm bu işlemlerin herkes tarafından anlaşılmasını ve sürekli olarak gözden geçirilmesini gerektirir. Başarıyla uygulanabilmesi için gerekli diğer önemli bir faktör ise herkesin “grup çalışması ruhu”na sahip olmasıdır (Sevim Korkut ve ark., 2009).

5S sistemi uygulamalarının en büyük etkilerinden biri görsel estetik sonuçlar ortaya çıkarmasıdır. Bu sebeple işletmelerin yaygın olarak tercih etmeye yöneldiği verimlilik çalışmaları arasında yer almaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Orman ürünleri sanayiinde otomotiv sektörüne ahşap içerikli ürünler üreterek Düzce ilinde 2003 yılından itibaren faaliyet gösteren örnek bir işletmede insan kaynakları departmanının ofisi için ihtiyaç düzeyleri göz önüne alınarak 5S uygulaması yapılmaya karar verilmiştir. İşletmenin son yıllarda yapmış olduğu bina ve makine yatırımları sonucunda orantılı düzeyde personel sayısı artış göstermiştir. İnsan kaynakları departmanı verileri incelendiğinde, işletmede hem personel sayısının hem de personel sayısındaki sirkülasyonun artması sebebi ile özlük dosyalarının ve yasal zorunluluk evraklarının birikmesine sebep olduğu görülmüştür. İşletme ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemine ek olarak, IATF 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi'nin gerekliliklerini titizlikle yerine getirmekle yükümlü olduğu için prosedür olarak gerekli olan evraklar normalde gerekenlerden biraz daha fazla olmaktadır. Mevcutta kullanıma devam edilecek olan insan kaynakları ofisinde çalışma alanını daha sade ve işlevsel kullanılabilecek duruma getirmek için yalın üretim tekniklerinden biri olan 5S çalışmalarına başlanmıştır. İşletmede, öncelikle belirlenen alanda

5S çalışmalarının başlatılarak ilerleyen zamanlarda sürece diğer alanların da dahil edilmesi hedeflenmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. İnsan kaynakları ofisinde yapılan 5S Uygulamaları

Öncesi ve sonrası farkı görebilmek adına 5S çalışmasına başlamadan önce insan kaynakları ofisinin fotoğrafları çekilerek Şekil 1’de görüldüğü üzere kayıt altına alınmıştır.



**Şekil 1.** 5S öncesi insan kaynakları ofisinin mevcut durumu.

Şekil 1’de görüldüğü üzere klasör depolama alanlarının dolu olmasından dolayı klasörler için yeterli alan kalmamıştır. Bu sebeple masalarda ve yan dolap üzerinde birikmeler meydana gelmiştir.

İnsan kaynakları ofisinde uygulanan 5S sistemi uygulama aşamaları bu bölümde özetlenmiştir.

##### 3.1.1. Sınıflandırma (Seiri)

Ofis içerisindeki karmaşıklığı gidermek üzere 5S sisteminin ilk aşaması olan sınıflandırma işlemi ile çalışmaya başlanmıştır. Ofis içerisindeki tüm dolapların içerisinde mevcutta bulunan klasör ve eşyaların tam listesi çıkarılarak öncelik sıralaması yapılmıştır. İhtiyaç sıklıkları göz önüne alınarak 10 yılı aşan dokümanlara ait klasörler ve hiç ihtiyaç duyulmayacak klasörler ayıklanmıştır. Ayıklanan klasörler işletmede insan kaynaklarına ait arşiv oluşturularak, arşive taşınması sağlanmıştır. Klasör dışında kalan eşyalar da gözden geçirilerek ihtiyaç fazlası olduğu düşünülen promosyon ürünleri, boş klasörler, fazla sandalyeler ofisten uzaklaştırılmıştır. Şekil 2’de uzaklaştırılan klasörlerin bir kısmı görselde bulunmaktadır.



**Şekil 2.** Sınıflandırılarak uzaklaştırılan klasörlerin görseli.

### 3.1.2. Düzenleme (Seiton)

5S uygulamasının ikinci aşaması olan düzenleme faaliyetlerinde gerekli ve gereksiz malzemeler sınıflandırılarak ayrıştırılmış olan özlük klasörlerinin içerik kısmı incelemeye alınmıştır. Özlük klasörlerinde biriktirilen evrakların klasörden klasöre farklılık göstermesi ve belirli bir sırada biriktirilmediği tespit edilmiştir. Şekil 3'te 5S öncesinde herhangi bir düzenleme kriteri olmadığı için düzensiz sıralanan özlük evrakları gösterilmiştir.



**Şekil 3.** 5S öncesi özlük klasörü içeriğinin düzeni.

Şekil 4'te kapak sayfası yapıştırılıp ayraçlar ile özlük evraklarının biriktirildiği özlük klasörü örneği yer almaktadır. Şekil 4'te görüldüğü üzere, standart olarak içerik bilgisinin yer aldığı kapak sayfası hazırlanarak her klasörün iç kısmına yapıştırılıp bir yol gösterici niteliğinde özlük evraklarının her klasörde aynı şekilde sıralanarak biriktirilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, sıralaması belirlenmiş olan özlük evraklarının konularına göre sınıflandırılması yapılarak evraklara erişimi kolaylaştırmak için pembe renkli ayraçlar ile konulara göre bölmeler oluşturulmuştur.



**Şekil 4.** 5S sonrası özlük klasörü içeriğinin düzeni.

Düzenleme aşamasında yapılan bir diğer faaliyet ise, “Kişisel Verileri Koruma Kanunu” göz önüne alınarak, 5S öncesinde dolaplara yerleştirilmiş olan özlük klasörlerinin etiketlerinde çalışanların isim ve soy isim bilgisinin bulunmasının uygun olmamasına istinaden yapılmıştır. İsim ve soy isim bilgisi yerine sadece personellerin işletmede geçerli olan sicil numaraları etikete yazılarak dolaplarda depolanması devreye alınmıştır.

Şekil 5’te 5S uygulaması öncesinde kişilerin isimlerinin etiketli olduğu klasörler revize edilerek, Şekil 6’da görüldüğü üzere 5S sonrasında sicil numaraları ile etiketlenen özlük klasörleri sicil numaraları küçükten büyüğe olacak şekilde sıralanarak dolaplara yerleştirilmiştir.



**Şekil 5.** 5S öncesi özlük klasörleri düzeni.





Şekil 6. 5S sonrası özlük klasörleri düzeni.

Klasörlerin düzenlenmesinde dikkat edilen iki husus daha bulunmaktadır. Birincisi, kullanılacak olan klasörlerin görsel olarak karmaşaya sebep olan zaman zaman ihtiyaç dahilinde farklı renklerde klasörler de kullanılmakta iken insan kaynakları departmanı için sarı renk klasörler tanımlanmıştır. Bu sayede farklı renk klasör kullanılmasının önüne geçilmiştir. İkinci husus ise, sicil numaraları ile hazırlanan etiketlerde idari personellerin ve üretim personellerinin ayrı gruplarda dolaplara yerleştirilmesini sağlamak amacı ile etiketlerde beyaz ve mavi olmak üzere iki gruba ayrılarak yerleştirilmiştir. Şekil 6'da renk grupları görülmektedir.

Sicil numaralarının kimlere ait olduğu hakkında bilgiler sadece insan kaynakları departmanında çalışan personellerin erişebileceği şekilde liste oluşturularak adresleme sistemi uygulamasına başlanmıştır. Yeni düzenlenen özlük klasörlerinin içeriğinin adresleme takip listesi örneği Şekil 7'de gösterilmiştir.

SIRA NO	SİCİL NO	ADI	SOYADI
1	3*2	A**	F**
2	2*3	A**	K**
3	3*0	A**	Ş***
4	2*0	A**	Ş***
5	2*9	A**	A**
6	3*2	B**	A**
7	3*4	B**	K**
8	3*1	B**	Ç**
9	3*3	B**	A**
10	3*2	B**	K**
11	3*1	B**	S**
12	5*2	Ç**	K**
13	3*3	D**	U**
14	1*7	D**	B**

Şekil 7. Yeni özlük klasörlerinin içeriğinin adresleme takip listesi örneği.

### 3.1.3. Temizlik (Seiso)

Sınıflandırma ve düzenleme aşamalarının faaliyetleri gerçekleştirildikten sonra, 5S uygulamasının üçüncü aşaması olan temizlik faaliyetleri başlatılmıştır. Temizlik faaliyetleri kapsamında ofis ortamında bulunan tek tip çöp kutusu kullanılmakta iken çöp kutusu ortamdaki uzaklaştırılmıştır. 5S öncesinde ofis ortamında bulunan çöp kutusu içine her türden atık malzeme atılırken onun yerine 5S uygulaması kapsamında ofiste sadece kâğıt atık kutusu yerleştirilerek kirlilik yaratabilecek atıkların da önüne geçilmiştir. Bu sayede hem kirliliklerin önüne geçilmesi hem de atıkların ayrıştırılarak geri dönüşüm hususunda kolaylaştırma faaliyeti ile çevre bilincinin geliştirilmesi sağlanmıştır. Şekil 8’de 5S uygulaması öncesindeki ofiste kullanılan çöp kutusu, Şekil 9’da ise 5S uygulaması sonrasında ofise yerleştirilen kâğıt-karton atık kutusu görselleri yer almaktadır.



Şekil 8. 5S uygulaması öncesi ofiste kullanılan çöp kutusu.



Şekil 9. 5S uygulaması sonrası ofise yerleştirilen kâğıt-karton atık kutusu.

Ofis ortamında oluşacak olan farklı tür atıkların geri dönüşüm işlemleri için biriktirilmesine yarayacak olan atık türlerine göre üzeri tanımlı olan atık ünitesi idari binada yer alan koridora yerleştirilmiştir. Şekil 10’da atık ünitesi görseli bulunmaktadır.



Şekil 10. İdari bina koridoruna yerleştirilen atık ünitesi.

Şekil 1’de insan kaynakları ofisinin 5S çalışmalarına başlamadan önceki durumu, Şekil 11’de gösterilen 5S uygulamasının ilk üç adımı uygulanarak beklentileri karşılayacak olan durumu ile karşılaştırıldığında gözle görülür düzeyde sade, ferah, daha ergonomik, daha temiz ve düzenli, çalışan motivasyonunu arttırıcı bir ofis ortamı elde edildiği görülmektedir. Amaca ulaşılmış olan ofis ortamının devamlılığının sağlanması ise, 5S uygulamasının dördüncü ve beşinci aşamaları olan; standartlaştırma, disiplin ve eğitim faaliyetleri ile korunması hedeflenmiştir.



Şekil 11. 5S sonrası ofisin durumu.

### 3.1.4. Standartlaştırma (Seiketsu)

Uygulamanın dördüncü aşaması olan standartlaştırma kısmında, tüm 5S faaliyetlerinin bir döngü halinde sürekliliğini takip ederek kontrol altında tutabilmek için uygulama yapılan





Şekil 13. İnsan kaynakları ofisinde çalışan personele 5S bilgilendirme eğitimi.

#### 4. Sonuçlar

Günümüz koşullarında hızla gelişen teknoloji ve araştırmalar sonucunda birçok alternatif materyaller kullanılıyor olsa da ahşap ürünler doğallığı, insan sağlığına uyumlu, kolay işlenebilir, geri dönüşümü sağlanabilen, çevreye zararlı etkileri olmayan ve kullanım alanının çok geniş olması avantajları sayesinde hala kıymetini koruyan bir materyal olarak tercih sebebi olmaya devam etmektedir. Ülkemizde de ahşap sektöründe faaliyet gösteren birçok firma bulunmaktadır.

Bu çalışmada otomotiv sektörüne ahşap içerikli ürünler üreten orta ölçekli örnek bir işletmenin insan kaynakları ofisinde aksaklık yaratan hususlar öncesi ve sonrası durumlar fotoğraflanarak verimlilik çalışmalarının etkileri açıklanmıştır.

İnsan kaynakları ofisinde uygulanan 5S sistemi çalışmaları sayesinde elde edilen kazanımlar;

- Gereksiz ve yer kaplayan eşyalar ofis ortamından uzaklaştırılarak daha ferah bir alan oluşturulmuştur.
- Farklı renklerde kullanılan klasörlerin ayıklanarak tek renk klasör kullanılması görsel olarak daha standart görünüme kavuşturulmuştur. Karmaşık görüntü engellenmiştir.
- Klasör etiketlerinde revizyon yapılması sonucunda çalışanların isimleri yerine sicil numaraları yazılarak “Kişisel Verileri Koruma Kanunu” gerekliliği olan kişisel bilgilerin gizlenmesi sağlanarak insan kaynakları departmanı personeli dışında üçüncü kişilerin bilgilere erişmesinin önüne geçilmiştir.
- Sicil numaraları etiketlenmiş olan özlük klasörleri sicil numaraları küçükten büyüğe doğru sıralanarak dolaplara yerleştirilmesi sonucunda klasörlere erişme süresi azaltılmıştır.

- Özlük klasörleri içine düzensiz yerleştirilmiş evraklarda ihtiyaç duyulduğu zamanda istenilen evrağa ulaşmak zaman alan bir durum iken, 5S uygulaması sayesinde klasör kapağına standart olarak hazırlanmış olan kapak sayfası sayesinde evraklar her klasörde aynı sırada yer aldığı için daha kısa sürede erişim sağlanmıştır.
- Daha düzenli ve temiz bir ofis ortamı oluşturulması neticesinde ofis çalışanlarının motivasyonunun artması sağlanmıştır.
- Dikkat dağıtıcı unsurların ortadan kaldırılması sonucunda birim çalışanlarının işlerine daha iyi odaklanması sağlanmış olup, rutinde kullandıkları evraklarda hata yapma oranlarında da düşüşler gözlemlenmiştir.
- Ekip çalışmalarında uyum düzeyinde artış sağlanarak çalışanların kendi fikir ve önerilerini özgürce sunabileceği bir platform oluşması sağlanmıştır. Bu sayede personeller fikirlerin değerlendirmeye alındığını gördükçe önemsendiklerini hissederek özgüvenlerinin artması sağlanmıştır.
- Görsel olarak işletme dışından gelecek olan kişilerin de beğenisini kazanacağı ortam koşulları sağlanmıştır.
- Bu çalışmada ofis için yapılan 5S prosedürleri için herhangi bir ek maliyet oluşturmadan yapılmış olması en büyük avantajlardan biri olmuştur.

Literatürde daha önce yapılan 5S çalışmaları (Bektaş, 2010; Keleş ve ark., 2013; Özyörük ve Kütük, 2014; Özçetin, 2017; Tekin ve ark., 2018; Karşiyaka ve Sütçü, 2019; Yağlı, 2022) incelendiğinde, farklı sektörlerde ve farklı yapılardaki işletmelerin kendi koşulları doğrultusunda uyguladığı iyileştirme ve verimlilik konusunda birçok çalışmanın olduğu görülmüştür. Birçok örneği bulunan iyileştirme faaliyetlerinin uygulamalarının işletmeden işletmeye farklılık göstermesi yapılan çalışmaların özgün olmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada uygulanan faaliyetlerin verimlilik ve iyileştirme çalışmalarına başvuracak olan daha sonraki işletmelere yol gösterici olması ve fayda sağlaması amacı ile önem arz etmektedir.

İşletmede insan kaynakları biriminde en çok biriken evraklar başlıca; ücretsiz izin kâğıtları, yıllık izin kâğıtları, doktor raporları, iş müracaatı formları, temizlik kontrol çizelgeleri şeklindedir. Bu evraklar ıslak imzalı olduğu için fazlaca yer kaplamakta olup, bunun yerine işletmede kullanılmakta olan Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning-ERP) sisteminde insan kaynakları modülüne çalışanlara e-imza tanımlatılarak kullanılacak olan izinlerin dijital imza ile onaylanarak en çok kâğıt kullanılan evraklar için hem kâğıt israfının önüne geçilebileceği hem de gereksiz yer kaplamaların engellenebileceği işletme yönetimine tavsiye edilmiştir. Buna ek olarak işletmede ileriye

dönük olarak diğer faaliyet alanlarında da uygulamaların hayata geçirildiği takdirde işletmenin genel olarak fayda göreceği hakkında öneri verilmiştir.

## **Kaynaklar**

- Akdamar, E. (2014). ‘Yalın altı sigma ve sürekli süreç iyileştirme üzerine bir uygulama’. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Aksu, Ö. (2013). ‘Bir üretim hattındaki performansın yalın üretim teknikleri ile iyileştirilmesi’. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Ayvaz, B. ve Kılıç, A. (2016). Türkiye otomotiv yan sanayinde yalın üretim uygulaması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 15(29), 29-60.
- Bağlan, Ç. (2017). ‘Yalın üretim tekniklerinin bir refrakter tuğla fabrikasında uygulanması’. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bektaş, H. (2010). ‘5S uygulamalarının kalite ve iyileştirme üzerine etkilerinin incelenmesi ve hazır gıda sektöründe uygulanması’. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Etleç, B. (2017), ‘Yalın üretim tekniklerine bağlı süreç iyileştirmelerin bir kozmetik firmasında uygulanması’. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Filiz, H. (2008), ‘Yalın üretim tekniklerinden hızlı kalıp değişimi ve bir uygulama’. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Karşıyaka, O. ve Sütçü, A. (2019). Mobilya üretim süreçlerinde verimliliği artırmaya yönelik 5S uygulamaları. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3(2), 87-101.
- Kaymakçı, Ö. (2012). ‘Bir PTT şubesinde yalın üretim-5S uygulaması’. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Keleş, A.E., Gürsoy, G. ve Tantekin Çelik, G. (2013). 5S sistematığı aşamaları ve örnek bir uygulama. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(2), 51-60.
- Kesit, N. (2019). ‘Yalın üretim tekniklerinin incelenmesi ve imalat sektöründe bir uygulaması’. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

- Özçetin, İ. (2017). 'Kardemir A.Ş. nakliyat bakım onarım atölyeleri ortamında 5S uygulaması'. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Özyörük, B. ve Kütük, D. (2014). İş ortamını yeniden düzenlemenin iş verimliliğine etkileri. *Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 2(2), 73-81.
- Seçkin, F. (2007). 'Yalın üretim teknikleri ve KOBİ'lerde uygulanabilirliğinin incelenmesi'. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Sevim Korkut, D. (2005). 'Toplam bakım yönetimi ve orman ürünleri işletmesinde uygulanması'. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sevim Korkut, D., Çakıcıer, N., Erdinler, E.S., Ulay, G. ve Doğan, A.M. (2009). 5S activities and its application at a sample company. *African Journal of Biotechnology*, 8(8), 1720-1728.
- Şeremet, M.F. (2019), 'Yalın üretim araçlarından 5S'in bir gıda işletmesinde örnek olay incelemesi'. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ankara.
- Tekin, M., Arslandere, M., Etlioğlu, M. ve Tekin, E. (2018). Büyük ölçekli bir işletmede 5S uygulaması. *International Journal of Social And Humanities Sciences (IJSHS)*, 2(1), 106-122.
- Yağlı, E. (2022). 'Talaşlı imalatta yalın üretim (5S) uygulaması kullanılarak süreç verimliliğinin artırılması'. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Yükselen Kaya, M. (2019). 'İş yerlerinde yeniden düzenlemenin verimliliğe etkisi: Bir parke işletmesinde 5S uygulaması'. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.



## The Impact of Roadside Trees on Air Quality in Hot Desert Climates: A Case Study of Dubai

### Sıcak Çöl iklimi Koşullarında Yol Ağaçlarının Hava Kalitesine Etkisi: Dubai Örneği

 Makbulenur ONUR<sup>1</sup>

#### Abstract

The global warming period, which continues all over the world, has also taken all climates under its influence. In order to be a solution to this problem, every country around the world produces solutions both within itself and with international unions. Plants are among the most important sources of these solutions. The relationship between air quality and plants is quite different. While polluted air quality affects all living things, even plants, plants help to reduce and improve this damage. In order to minimize and improve harmful emissions in the air, plants are the most important design tool of many professional disciplines, especially landscape architects. This study was carried out in Dubai, the most popular and developing city of the United Arab Emirates. Dubai is a model for the world with its environmental policies and a different herd approach. The main purpose of this study is to reveal the effect of highway planting on air quality. For this purpose, 4 routes with different plant material characteristics on an important main boulevard of Dubai were selected as the study area and analysed for air quality. Four road routes were selected on the basis of the presence or absence of vegetated areas. In line with these choices, particulate matter 10 (PM<sub>10</sub>), particulate matter 2.5 (PM<sub>2.5</sub>), total volatile organic compounds (TVOC), formaldehyde (HCHO), carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), which are among the harmful emissions affecting air quality, were measured. The effect of plants on road air quality was analysed. As a result of the study, these measurement results obtained from road routes of different character were compared and evaluated according to 'air quality indices' and suggestions were made for future studies.

**Keywords:** Air quality, Air quality index, Harmful emissions, Dubai.

#### Özet

Tüm dünyada süren küresel ısınma süresi aynı şekilde tüm iklimleri de etkisi altında almıştır. Bu soruna çözüm olabilmek için dünya çapında her ülke gerek kendi içerisinde gerekse milletlerarası birleşimler ile çözümler üretmektedir. Bu çözümlerin en önemli kaynakları arasında bitkiler bulunmaktadır. Hava kalitesi ve bitkiler arasındaki ilişki oldukça farklıdır. Kirlenen hava kalitesi tüm canlıları hatta bitkileri bile etkilerken, bitkiler bu zararı indirgemek ve iyileştirmek için yardımcı olmaktadır. Havadaki zararlı emisyonları en aza indirgemek ve iyileştirmek için bitkiler başta peyzaj mimarları olmak üzere birçok meslek disiplinin en önemli tasarım aracıdır. Yapılan bu çalışma kapsamında Birleşik Arap Emirliklerinin gelişen ve gelişmekte olan en popüler ili olan Dubai'de gerçekleştirilmiştir. Dubai çevresel politikaları ve farklı bir sürü yaklaşımı ile dünyaya örnek çalışmalar yapmaktadır. Yapılan bu çalışmanın temel amacı karayolu bitkilendirmelerinin hava kalitesi üzerindeki etkisini ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda Dubai'nin önemli bir ana bulvarı üzerinde yer alan ve farklı bitki materyali karakterine sahip 4 güzergâh çalışma alanı olarak seçilmiş ve hava kalitesi analizi yapılmıştır. Yol güzergâhları dört adet olmak üzere bitkisel dokunun var olması ya da bitkilendirme yapılmış alanlar var olmaması üzerinden yapılmıştır. Bu seçimler doğrultusunda hava kalitesini etkileyen zararlı emisyonlar arasında olan Partiküler madde 10 (PM<sub>10</sub>), Partiküler madde 2.5 (PM<sub>2.5</sub>), Toplam uçucu organik bileşikler (TVOC), Formaldehit (HCHO), Karbonmonoksit (CO) ve Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ölçümleri yapılmıştır. Bitkilerin kara yolu hava kalitesindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda farklı karakterdeki yol güzergâhlarından elde edilen bu ölçüm sonuçları "hava kalitesi indekslerine" göre karşılaştırılmıştır, değerlendirilmiş ve gelecekte yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Hava kalitesi, Hava kalitesi indeksi, Zararlı emisyonlar, Dubai.

Geliş Tarihi: 03.04.2024, Düzeltme Tarihi: 16.06.2024, Kabul Tarihi: 01.11.2024

Adres: Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture

E-mail: mnurbekar@ktu.edu.tr

## 1. Introduction

Air pollution is one of the biggest environmental problems of today. Increasing industrialisation, motor vehicle use and fossil fuel consumption cause an increase in harmful particles in the atmosphere. This has a devastating effect on human health and the environment. At this point, many professional disciplines offer solutions in line with their own fields and produce solutions to improve this situation. Plants, which are the most important element of landscape architecture discipline, play a very important role in the struggle with air quality. In this regard, we can call trees "natural air filters". Trees acting as natural air filters help to significantly improve air quality by absorbing and filtering pollutants in the air.

Trees play a very important role in the climate of urban areas. Among these benefits is the improvement of urban air quality (Nowak and Heisler, 2010; Grylls and van Reeuwijk, 2022). In the absence of trees, large increases in the surface temperature of roads can be observed, as hot roads radiate this heat upwards. This affects the comfort of life for pedestrians and cyclists and makes the situation difficult (Vailshery et al., 2013). One of the most important problems threatening human health is air pollution. This problem is an environmental problem of great concern. Excessive traffic, increasing needs have increased the emission of emissions day by day. Plants can absorb gaseous pollutants through stomata in their leaves. Through stomata, particles are also removed from the air by accumulating on leaves and branches. Many studies have studied this effect and examined its effects (Beckett et al., 2000; Freer-Smith et al., 2005; Vos et al., 2013). Many scientific studies focus on plants and their effects on air quality (Jeanjean et al., 2017). Highways are the most important urban links that connect cities and where vegetation character is important (Bekar et al., 2018).

The presence of trees and vegetation in parks has a dual impact on air pollution mitigation. On one hand, they actively diminish pollutants by directly capturing them and lowering air temperatures, consequently decreasing energy consumption in park vicinity. These actions ultimately curtail emissions and the formation of pollutants. Conversely, park flora may indirectly escalate certain pollutants by releasing volatile organic compounds, which aid in ozone and carbon monoxide production. Additionally, emissions from vegetation maintenance activities, such as chainsaw operation and fuel usage, can further contribute to air pollution (Novak and Heisler, 2010).

PM<sub>10</sub>, which is among the particulate matter examined within the scope of the study, is emitted by biogenic and anthropogenic effects. This emission adversely affects the respiratory tract (Karimi et al., 2019) This value reflects the measurement of particles with a diameter of 10 micrometres and smaller (Kocak, 2023). Another particulate matter analysed in this context is PM<sub>2.5</sub>. It can be stated that PM<sub>2.5</sub> includes organic compounds, particles formed by the combustion process and particles with a size of 2.5 microns or less. These pollutants can be formed as a result of chemical interaction of substances in the atmosphere as well as direct emission from a certain source (Kocak, 2023).

TVOC is the sum of all volatile organic compounds in indoor air. It is higher indoors than outdoors. HCHO is a subcategory of TVOC that has a higher vapour pressure and mixes with the air faster and is generally harmful to health.

CO is among the hazardous emissions that reduce the oxygen level in the human body (Saxena and Naik, 2019). Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), especially the increase in fossil fuel consumption, threatens cities and the world on a global scale. It has a high capacity to dissolve in water and retain heat (Singh et al., 2009). In line with this problem definition; the main purpose of this study is to reveal whether "road afforestation" on the road route of the same character has an effect on air quality in hot climates. Another sub-objective of the study is to reveal how this effect is quantitatively if it has an effect on air quality and to set an example for future studies. In line with this purpose, the main and sub-objectives of the study are as follows;

- Does road afforestation have an effect on air quality on a road route with the same sensitivity?
- How does road afforestation affect air quality on a road route in hot climate conditions?
- If it has an effect on air quality, what is the air quality index result.

## **2. Material and Method**

### **2.1. Material**

This study was conducted in Dubai, one of the most developed cities of the UAE. When the climatic characteristics of Dubai are examined, desert climate is observed. Dubai receives very little precipitation throughout the year. According to Köppen-Geiger, the climate is BWh (Climate Data, 2024) (Figure 1).

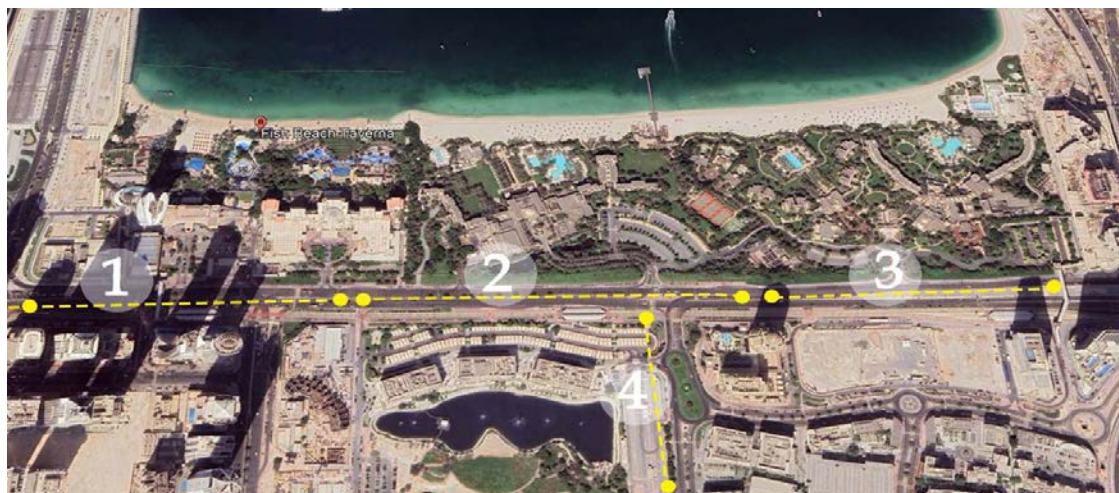


**Figure 1.** Location of Dubai (Image © Google, Map data, Data SIO, NOAA u.s. Navy NGA gebcO Image Landsat/Copernicus).

"D94 King Salman Bin Abdulaziz Al Saud Street Al Sufouh 2" route in Dubai was selected as the main material of the study. This selected road route is one of the most active roads leading to important education, tourism and trade centres of Dubai. The opening of the road to the harbour area and passing over the city's tram line are among the important characteristics of the road (Figure 2).

Measurements were made on this road route. In order to have the same character of the selected study area and to increase the sensitivity more, measurements were made on the same road route. The selected road route surrounds a very large coastal line. The road is divided into main and side roads (Figure 2).

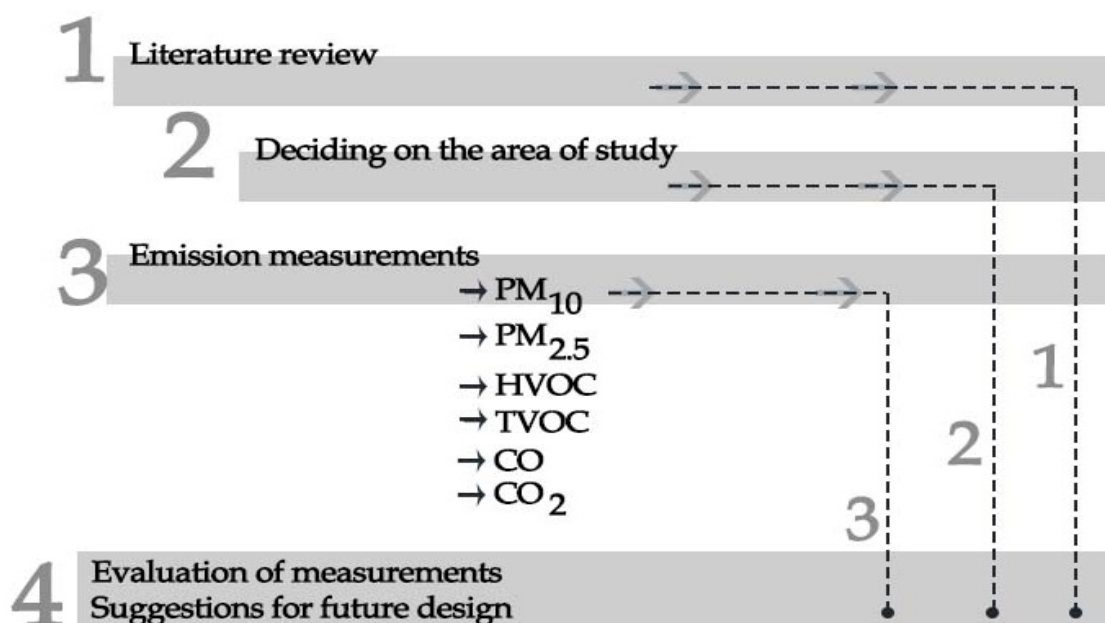
The study area was analysed in 4 sections to allow the measurement of different characters. The first study area is the road route where there is no tree cover areas. The second study area is the second route that continues with the same character as the first study area. In this route, there are trees in the refuge application. The third study point is another reference point with no vegetative character. The fourth area, which is the last measurement point of the study area, has vegetative character. The study areas were selected as two with vegetative character and two without vegetative character. Sensitivity was increased by following the same route. In this way, they are exposed to the same noise, traffic intensity, etc.



**Figure 2.** Study areas (Image © Google, Map data, Data SIO, NOAA u.s. Navy NGA gebco Image Landsat/Copernicus).

## 2.2. Method

Air quality measurements were carried out at four measurement points selected within the scope of the study, 3 times a day for 1 month with measurements of 10 minutes in total. Measurements were made with a measuring instrument that measures PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, HCHO, TVOC, humidity and temperature all together and produces "average air quality" results. In total, 90 measurements were carried out in 4 study areas and 360 measurement results were obtained. These measurements were compared with the characteristics of the study area. As a result of the measurements, graphs were obtained according to the average data and these results were discussed (Figure 3).



**Figure 3.** Method flow diagram.

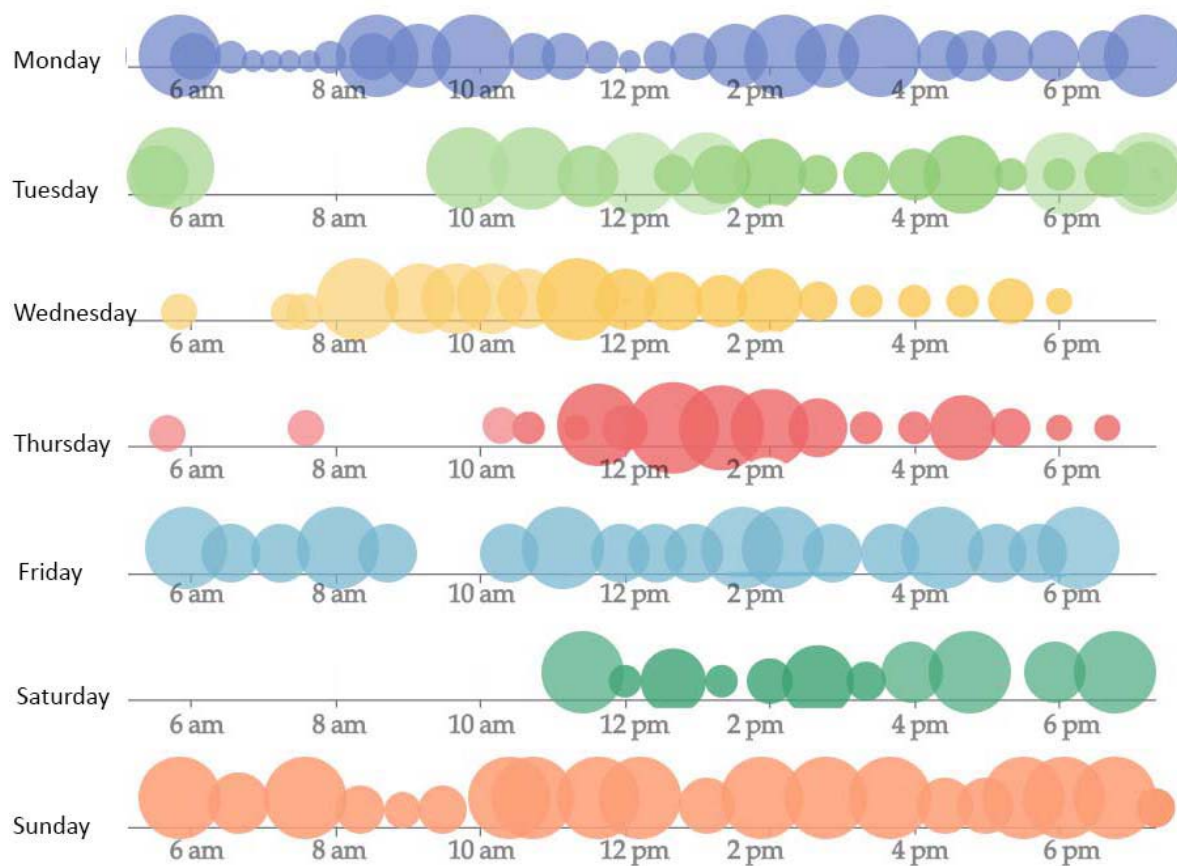
### 3. Findings

#### 3.1. Findings On Particulate Matter Measurements

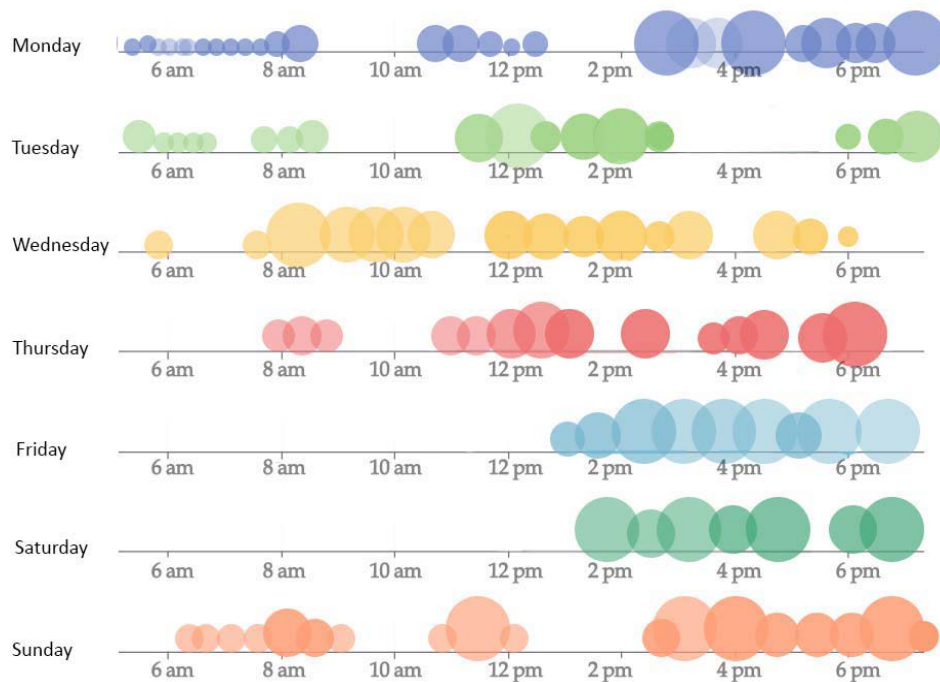
The measurement findings obtained within the scope of the study are given in tables and graphs. While evaluating these measurement results, Airnow's AQI metrics and metric range were used. Airnow is a working partner of the U.S. Environmental Protection Agency, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Park Service, NASA, Centers for Disease Control (Airnow, 2024a). In these measurement values, 0-50 index range is "Good", 51-100 index range is "Moderate", 101-150 index range is "Unhealthy for Sensitive Groups", 151-200 index range is "Unhealthy" for everyone, 301-500 index range is "Hazardous". Airnow defines sensitive group as individuals with heart disease, lung disease, pregnant, etc. (Airnow, 2024b).

When the measurement results of particulate matter are analysed, hourly average emission graphs were made in accordance with the data obtained from the first measurement point during the measurement month. This measurement point is a measurement point without trees. For this reason, more intense emission results were obtained compared to the roads with trees. Since the road is both an important road and has a role intersecting many points, intense emission results were obtained on Monday, the first working day of the week, and the last working day of the week. In the results obtained, PM<sub>2.5</sub> is 158 µg/m<sup>3</sup>-, PM<sub>10</sub> is 150 µg/m<sup>3</sup>, HCHO is 0.011 ppm and TVOC is 0.009 ppm. The average air quality index was determined as 152. When we look at the results of the first measurement point, although there is not a big difference, it is seen that the points with vegetation are lower (Figure 4).

Hourly average emission graphs in accordance with the data obtained from the second measurement point during the measurement month are given in Table 3. This measurement point is a measurement point with trees. For this reason, the measurement emission results were lower than the other roads. According to the results obtained, it was determined that trees affect the air quality. Although higher results were obtained on the first working day and the last working day of the week compared to other days, low results were still obtained. In the results obtained, PM<sub>2.5</sub>; 125 µg/m<sup>3</sup>-, PM<sub>10</sub>; 112 µg/m<sup>3</sup>, HCHO; 0,008 ppm, TVOC result; 0,012 ppm. The average air quality index was determined as 111 (Figure 5).

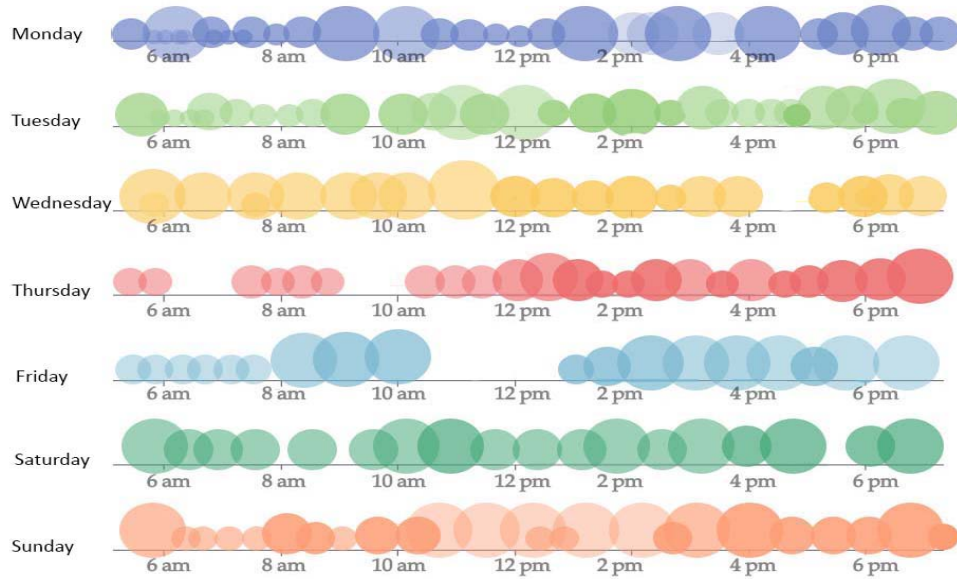


**Figure 4.** PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, HCHO, TVOC measurement results from the first measurement point.

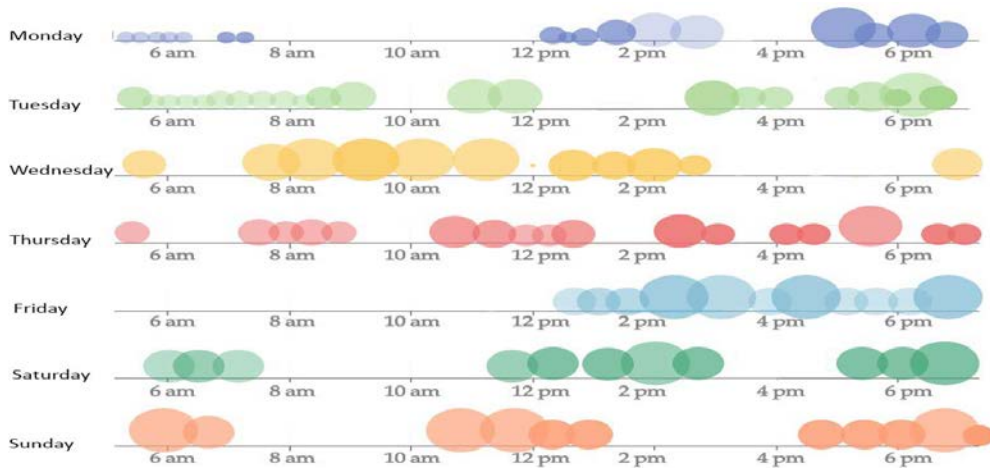


**Figure 5.** PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, HCHO, TVOC measurement results from the second measurement point.

The third measurement point is the road route without vegetation. The weekly averages of the measurements made on this road route are expressed graphically in Figure 6. This graph shows that all days of the week are high in terms of emissions.



**Figure 6.** PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, HCHO, TVOC measurement results from the third measurement point.



**Figure 7.** PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, HCHO, TVOC measurement results from the fourth measurement point.

When the data obtained from the fourth measurement point are analysed, PM<sub>2.5</sub> was 115  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PM<sub>10</sub> was 139  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , HCHO was 0.011 ppm and TVOC was 0.014 ppm. In line with this determination, it was relatively higher at this point, just like the other treeless road (Figure 7). In all measurements, no very low AQI was obtained on treeless roads. This is because Dubai has many environmental policies to improve air quality and many other



environmental policies. When all these are combined, a successful result is obtained. The measurement results of all points are given in Table 1.

**Table 1.** Average index findings for measurement points

Particulate Matter	Measurement Points			
	Point: 1	Point: 2	Point: 3	Point: 4
PM 2.5	158 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	162 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM 10	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	153 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
HCHO	0,011 ppm	0,008 ppm	0,019 ppm	0,011 ppm
TVOC	0,009 ppm	0,012 ppm	0,021 ppm	0,014 ppm
CO	2	1	2	1
CO <sub>2</sub>	407,00 ppm	401,00 ppm	412,00 ppm	413,00 ppm
Avarage AQI	152	111	163	114
Arboriculture status	No trees	•	No trees	•

The ranges of emissions measured within the scope of the study were created by evaluating the ranges of the World Health Organization, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers and Environmental Protection Agency (WHO, 2010, 2021; ASHRAE, 2021; EPA, 2021).

**Table 2.** Assessment range of pollutants.

Pollutant	Category	WHO Limit Values
PM <sub>2.5</sub>	Safe	0 - 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (annual)
	Moderate	5 - 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (annual)
	Hazardous	> 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (annual)
PM <sub>10</sub>	Safe	0 - 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 hours)
	Moderate	15 - 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 hours)
	Hazardous	> 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 hours)
HCHO	Safe	0 - 0.08 ppm (30 minutes)
	Hazardous	> 0.08 ppm (30 min)
	TVOC	WHO has not specified, but generally 0 - 0.3 mg/m <sup>3</sup>
CO	Safe	0.3 - 0.6 mg/m <sup>3</sup>
	Hazardous	> 0.6 mg/m <sup>3</sup>
	CO	Güvenli
Tehlikeli		> 87 ppm (15 minutes)
Safe		Safe 0 - 30 ppm (1 hour)
Moderate		0 - 30 ppm (1 hour)
Hazardous		0 - 8.7 ppm (8 hours)
Safe		> 8.7 ppm (8 hours)
Moderate		0 - 6 ppm (24 hours)
Hazardous	> 6 ppm (24 hours)	
CO <sub>2</sub>	Safe	0 - 1000 ppm
	Moderate	1000 - 2000 ppm
	Hazardous	> 2000 ppm

#### 4. Conclusion and Recommendation

It is a well-known fact that trees take Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) and produce oxygen through the process of photosynthesis. CO<sub>2</sub>, one of the most important particulate matter in air quality, is part of the life forms of trees. Even this basic function increases oxygen levels in the atmosphere and fulfils a basic requirement for the survival of humans and other living organisms. The United Arab Emirates has a number of ecological policies that are still in progress today, with sustainable studies being carried out. Within all these policies, efforts are made to improve air quality (Jung and Awad 2021). Estidama Pearl Rating System (PRS, 2010), the Dubai Integrated Energy Strategy 2030 (DIES, 2020), the Dubai Clean Energy Strategy 2050 (DCES, 2020), and the Dubai's Green Building Regulations and Specifications (GBR&S, 2011), Al Sa'fat rating system (Al Sa'Fat, 2020), the Ras Al Khaimah Energy Efficiency & Renewable Energy Strategy 2040 (RAKEES, 2018), the Barjeel Green Building Regulations (BGBRI 2019) are among these studies.

The most important data of the study area is that it is in "hot climate" conditions. Since trees are effective in reducing air temperature, they also help to increase air quality. Looking at the results of the study, although the air quality is not in a risky situation where there are no trees, the air quality is higher where there are trees. The results obtained from the study are as follows;

- The "air quality index" value on the roads with vegetation was better than the other measurement points.

- The lowest values of PM<sub>2.5</sub> were obtained at the second and fourth measurement points. Both measurement points are examples where vegetation is present.

- PM<sub>10</sub> value is among the most important emissions affecting outdoor air quality. The highest value was found at the first measurement point and the lowest value was found at the second measurement point.

- Although PM<sub>10</sub> was 150 µg/m<sup>3</sup> at the first measurement point, it was determined that this point was the measurement point with the lowest HCHO value.

- TVOC emission value was found to be the lowest at the first measurement point and the highest at the third measurement point.

- When we look at the results of the CO value, 2ppm was found in places where there is less tree tissue and 1ppm in other places.

- CO<sub>2</sub> was 407.00 ppm at the first measurement point, 401.00 ppm at the second measurement point, 412.00 ppm at the third measurement point and 413.00 ppm at the fourth measurement point.

Considering the results obtained, emission measurements were low at the points where there was vegetation or tree presence. The ability of plants to clean air pollutants has been proven by measurements and many previous studies. Improving air quality is beneficial for the city and the whole world, and clean air reduces stress and improves cognitive and physical functions. It helps to create a more prosperous society. In the future stage of this study, it is foreseen to carry out a study on which plant taxa are more important in improving air quality and which species would be better to choose.

## References

- AirNow (2024a). What is AirNow? Retrieved from <https://www.airnow.gov/about-airnow/>  
Accessed: 15.03.2024
- AirNow (2024b). Air quality guide for particle pollution. Retrieved from <https://document.airnow.gov/air-Quality-Guide-For-Particle-Pollution.Pdf> Accessed: 15.03.2024
- Al Sa'Fat (2020). Al Sa'Fat Dubai Green Building System. (2020). Retrieved from <https://www.dm.gov.ae/wp-content/uploads/2020/11/Safat-English.pdf>. Accessed: 15.03.2024
- ASHRAE (2021). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Standards and guidelines. Retrieved from <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines> Accessed: 27.03.2024
- BGBR (2019). Barjeel Green Building Regulations. Retrieved from <https://mun.rak.ae/Documents/EER/Barjeel%20-%20Green%20Building%20Regulations.pdf>. Accessed: 27.03.2024
- Beckett, K. P., Freer-Smith, P. H., & Taylor, G. (2000). Particulate pollution capture by urban trees: Effect of species and windspeed. *Global Change Biology*, 6(8), 995-1003. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00376.x>
- Bekar, M., Gulpinar Sekban, D. Ü., & Acar, C. (2018). Planting along area sides of highway, Trabzon coastal case. *Journal of Balkan Ecology*, 21, 1-20.
- Climate Data (2024). Climate Dubai. Retrieved from <https://tr.climate-data.org/asya/birlesik-arap-emirlikleri/dubai/dubai-705/> Accessed: 23.03.2024

- DIES (2020). Dubai Integrated Energy Strategy 2030. Retrieved from <https://dubaisce.gov.ae/en/about-dsce/> Accessed: 23.02.2024
- DCES (2020). Dubai Clean Energy Strategy 2050. Retrieved from <https://u.ae/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/environment-and-energy/dubai-clean-energy-strategy> Accessed:13.02.2024
- EPA (2021). Environmental Protection Agency Indoor air quality guidelines. Retrieved from <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq> Accessed:13.02.2024
- Freer-Smith, P. H., Beckett, K. P., & Taylor, G. (2005). Deposition velocities to *Sorbus aria*, *Acer campestre*, *Populus deltoides* X *trichocarpa* 'Beaupre', *Pinus nigra* and *X Cupressocyparis leylandii* for coarse, fine, and ultra-fine particles in the urban environment. *Environmental Pollution*, 133(1), 157-167. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.03.031>
- GBR&S (2011). Green Building Regulations & Specifications. Retrieved from [https://www.dm.gov.ae/wp-content/uploads/2018/01/05\\_ENG\\_DCL\\_LawsLegislation\\_EngineeringSection\\_GreenBuildingRegulation.pdf](https://www.dm.gov.ae/wp-content/uploads/2018/01/05_ENG_DCL_LawsLegislation_EngineeringSection_GreenBuildingRegulation.pdf). Accessed: 20.03.2024
- Grylls, T., & van Reeuwijk, M. (2022). How trees affect urban air quality: It depends on the source. *Atmospheric Environment*, 290, 119275. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119275>
- Jeanjean, A. P., Buccolieri, R., Eddy, J., Monks, P. S., & Leigh, R. J. (2017). Air quality affected by trees in real street canyons: The case of Marylebone neighbourhood in central London. *Urban Forestry & Urban Greening*, 22, 41-53.
- Jung, C., & Awad, J. (2021). The improvement of indoor air quality in residential buildings in Dubai, UAE. *Buildings*, 11(6), 250-265. <https://doi.org/10.3390/buildings11060250>
- Karimi, A., Shirmardi, M., Hadei, M., Birgani, Y. T., Neisi, A., Takdastan, A., & Goudarzi, G. (2019). Concentrations and health effects of short-and long-term exposure to PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> in ambient air of Ahvaz city, Iran (2014–2017). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180, 542-548. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.05.026>
- Kocak, Y. (2023). 'Evaluation of air quality in Konya province with deep learning techniques' Master's thesis, Selçuk University, Institute of Science, Konya.
- Nowak, D., & Heisler, G. (2010). Air quality effects of urban trees and parks. *National Recreation and Parks Association Research Series Monograph*, 44, 1-44. Retrieved

- from <https://www.nrpa.org/globalassets/research/nowak-heisler-research-paper.pdf>.  
Accessed: 24.03.2024.
- PRS (2010). The Pearl Rating System for Estidama Community Rating System Design and Construction. Retrieved from <https://pages.dmt.gov.ae/-/media/DE1617B2A0634AC58B42DB511E18ECF4.ashx?newTab=s1>  
Accessed:15.03.2024
- RAKEES (2018) Ras Al Khaimah Energy Efficiency & Renewable Energy Strategy 2040. Retrieved from <https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/environment-and-energy/ras-al-khaimah-energy-efficiency-and-renewable-energy-strategy-2040> Accessed:15.03.2024
- Vailshery, L. S., Jaganmohan, M., & Nagendra, H. (2013). Effect of street trees on microclimate and air pollution in a tropical city. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(3), 408-415. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.03.002>
- Vos, P. E., Maiheu, B., Vankerkom, J., and Janssen, S. (2013). Improving local air quality in cities: To tree or not to tree? *Environmental Pollution*, 183, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.10.021>
- WHO (2021). Global air quality guidelines. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines>  
Accessed:15.03.2024
- WHO (2010). World Health Organization guidelines for indoor air quality: Selected pollutants. Retrieved from <https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134>.  
Accessed: 15.03.2024

## The Effect of *Neopestalotiopsis australis* in Needle Necrosis Blight of Stone Pine Seedling in Hendek Forest Nursery

### Hendek Orman Fidanlığındaki Fıstıkçamı Fidanlarının İbre Kurumalarında *Neopestalotiopsis australis*'in Etkisi

 Deniz ÇAKAR

#### Abstract

The stone pine (*Pinus pinea* L.) is a significant forest tree species in Türkiye. Its cultivation takes place in forest nurseries, and it is used in reforestation areas. The objective of this study to determine the causes of blight occurring in stone pine seedling in the Hendek Forest Nursery. Blight symptoms were observed on the needles of 1-2-years-old stone pine seedlings in the Hendek Forest Nursery. Isolates obtained as a result of isolation were identified as *Neopestalotiopsis australis* based on morphology and by combining sequence data from the LSU, ITS, *tefl*, and *tub2* gene regions. A Maximum Likelihood phylogenetic tree was constructed for two isolates of *N. australis* based on four loci. *Neopestalotiopsis australis* was isolated from 25 out of 60 necrotic needles examined. The pathogenicity of *N. australis* was examined on healthy stone pine saplings by spraying spore suspension. After 28 days following the inoculation with spore suspensions, *N. australis* caused necrosis on needles. The pathogen was isolated from symptomatic needles in the stone pine the first time in the Türkiye. *Neopestalotiopsis australis* was proven to be a pathogen on stone pine. It has been concluded that *N. australis* could pose a threat to stone pine sapling. Further research should be conducted on this fungal pathogen for more detailed insights.

**Keywords:** Stone pine, Fungus, Needle blight, Forest Nursery.

#### Özet

Türkiye’de fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) önemli bir orman ağacıdır. Orman fidanlıklarında üretimi yapılmakta ve ağaçlandırma sahalarında kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Hendek Orman Fidanlığında fıstık çamı fidanlarında tespit edilen kurumaların nedenlerini belirlemektir. Hendek Orman Fidanlığında 1-2 yaşlı fıstık çamı fidanlarının ibrelerinde kurumalar görülmüştür. Morfolojik ve LSU, ITS, *tefl* ve *tub2* gen bölgelerinden elde edilen sekans verileri kombinlenerek, izolasyon sonucunda elde edilen izolatlar *Neopestalotiopsis australis* olarak tanılanmıştır. *Neopestalotiopsis australis*'in dört gen bölgesine dayalı iki izolatı için bir Maximum Likelihood filogenetik ağaç oluşturulmuştur. İncelenen 60 nekrotik ibrenin, 25 adedinden *N. australis* izole edilmiştir. *N. australis*'in patojenitesi sağlıklı fıstıkçamı fidanlarına spor süspansiyonunu püskürtme yöntemi kullanılarak test edilmiştir. Spor süspansiyonu uygulamasından 28 gün sonra, *N. australis* ibrelerde nekrozlara neden olmuştur. Patojen, Türkiye’de fıstık çamı fidanlarında semptomatik ibrelerden ilk kez izole edilmiştir. Fıstık çamı fidanlarında patojen olduğu tespit edilen *Neopestalotiopsis australis*'in ciddi bir tehdit oluşturabileceği öngörülmektedir. Gelecek çalışmalarda bu fungal etmenle ilgili daha detaylı araştırmalar yapılması önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fıstık çamı, Fungus, İbre kurumaları, Orman Fidanlığı.

## 1. Introduction

Stone pine, *Pinus pinea* L., is considered one of the significant tree species in the Mediterranean region. This tree contributes significantly to the economy through both its edible fruits and wood (Awan and Pettenella, 2017). Globally, more than 60% of stone pine areas are located in Spain, making it the world leader (Calama and Montero, 2007). Türkiye has also a significant distribution of stone pine, following Spain [General Directory of Forestry (GDF), 2021]. In Türkiye, stone pine naturally forms extensive forest area in regions such as İzmir/Bergama/Kozak, Aydın/Koçarlı/Mazon, and Muğla/Yatağan/Katrançı (Kılıcı et al., 2000). Additionally, it is locally found in the Marmara region, Manavgat, Kahramanmaraş, Trabzon, and Çoruh valley (Anşın and Özkan, 1997). Stone pine is also widely used in reforestation programs in various areas in Türkiye (Keskin and Makinacı, 2009; Kırdar et al., 2010; Kurt et al., 2016; Akyol and Örucü, 2019).

Recently, there have been records indicating a decline in the fruit production of this significant forest tree. In recent decades, there has been a significant decrease in cone to seed yield (from 17% to 5%) and pine nut yield (from 4% to 2%) reported in Europe (Mutke et al., 2014). The reasons for the decrease in fruit yield have been attributed to insect infestations and fungal pathogens (Awan and Pettenella, 2017; Mutke et al., 2017). The genera *Pestalotiopsis*, *Pseudopestalotiopsis*, *Neopestalotiopsis* have a broad host range and have been causing problems worldwide in recent years (Diogo et al., 2021; Silva et al., 2020a; Yang et al., 2021). Common symptoms associated with these pathogens including leaf blight, leaf spot, grey blight, fruit rot, stem rot, post-harvest rot, and scabby canker (Botella and Javier Diez, 2011; Hu et al., 2007). These fungi often have multiple of distribution simultaneously. They typically affect weakened plants as secondary pathogens or as opportunistic saprophytes on dead plant material (Hopkins and McQuilken, 2000; Stone et al., 2004; Tejesvi et al., 2007).

Maharachchikubura et al. (2014) have been reported that *Neopestalotiopsis* species belong to a taxon similar to *Pestalotiopsis*. Species within this group have been reported to exist as endophytes, pathogens, or saprophytes in plants (Bezerra et al., 2018; Freitas et al., 2019; Ran et al., 2017; Reddy et al., 2016; Yang et al., 2021).

*Pestalotiopsis* species have been identified as endophytes in various pine species and other coniferous trees in various studies (Botella and Javier Diez, 2011; Maharachchikumbura et al., 2014; Watanabe et al., 2010). These species have also been

reported as endophytes in *P. armandii* Franch and *P. halepensis* Mill. species (Hu et al., 2007; Tibpromma et al., 2018).

Silva et al. (2020a) have been reported that *P. australis* Maharachch., K.D. Hyde & Crous was isolated from shoots displaying symptoms of blight in *P. pinea* gardens. This marked the first detection of this species in conifers and in *P. pinea* in Europe. When inoculated into seedlings under experimental conditions, it did not induce any symptoms, supporting the idea that this species exhibits endophytic characteristics. Shoot blight disease in stone pines is generally associated with *Diplodia sapinea* (Fr.) Fuckel, as reported in studies by Hartman et al. (2009) and Luchi et al. (2014). *Sydowia polyspora* (Bref. & Tavel) E. Müller has also been linked to needle blight in stone pines, as mentioned by Silva et al. (2020b). In recent years, there have been records of *Pestalotiopsis* species causing disease in stone pines as well. Silva et al. (2020a) isolated *P. pini* A.C. Silva, E. Diogo & H. Bragança from necrotic tissues on the trunks of stone pines and from blighted shoots of both *P. pinea* and *P. pinaster* Aiton in the Monsanto Forest Park in Lisbon. Their pathogenicity studies confirmed that this species is a pathogen in stone pines. *N. mesopotamica* was obtained from *P. brutia* in Iraq and sent to CBS [CBS (Centraalbureau voor Schimmelcultures) is the Central Bureau for Fungal Cultures] for identification (June 23, 1986). Records of this species exist in Türkiye, associated with eucalyptus trees (Maharachchikumbura et al., 2014). Nevertheless, there is no record of *Neopestalotiopsis* species in stone pine trees.

Santos et al. (2020), reported the pathogenicity of *N. australis* Maharachch., K.D. Hyde & Crous was approved as a new report in eucalyptus in woody plant. Diogo et al. (2021) have associated five new *Neopestalotiopsis* species with stem girdling, leaf necrosis, and cutting dieback diseases observed in eucalyptus trees in Portugal. These species are *N. eucalyptorum*, *N. hispanica*, *N. iberica*, *N. longiappendiculata*, and *N. lusitanica*.

The purpose of this study was to investigate the causes of blight occurring in stone pine seedlings at Hendek Forest Nursery.



## 2. Material and Method

### 2.1. Sampling

This study was carried out with 1-2-years-old stone pine seedlings exhibiting symptoms of needle blight in the Sakarya Forest Regional Directorate Hendek Forest Nursery in 2022. Two nursery bed (approximately 6.000 seedlings) containing these saplings were examined, and a total of 30 seedlings showing needle blight symptoms were subsequently brought to the laboratory (Figure 1).



**Figure 1.** Needles having blight symptom on shoots.

### 2.2. Isolation of Fungi from Symptomatic Needles

Symptomatic needles were investigated using a stereo-microscope (Leica S6D, Germany), and 60 needles with lesions were separated from 30 seedlings. Surface disinfection was carried out by immersing them in 0.5% sodium hypochlorite (NaOCL) for 3 min in a beaker. Sections measuring three to five millimeters in length, comprising both necrotic and healthy tissues, were utilized for isolations and then plated onto potato dextrose agar on potato dextrose agar (PDA; Difco, Sparks, MD, USA, pH adjusted to 4.5 by 125 $\mu$ L/L lactic acid). Petri dishes were incubated at 23 °C in darkness for 7 days at 50% relative humidity. Mycelial tips were cut under a stereo-microscope and transferred to PDA to obtain pure fungal cultures. The fungal cultures were then preserved in cryovials containing a 15%

glycerol solution and stored in the Microbiology laboratory of Çankırı Karatekin University at a temperature of -20 °C. The experiments were performed under laminar flow cabinet.

### 2.3. Morphological Identification

The fungi were identified at the genus level by referring to Maharachchikumbura et al. (2014) using a microscope (Leica DM500, Germany). The determination involved assessing colony color and the presence of conidiomata on PDA. Conidia and conidiogenous cells were mounted in distilled water and microscopic preparations were employed to identify the fungi based on the characteristics of conidiogenous cells and conidia.

### 2.4. DNA Extraction and PCR

DNA extraction was conducted using a fresh buffer solution (125 mM Tris-HCl pH 8.0, 25 mM EDTA pH 8.0, 0.8 M NaCl, 1% CTAB, 1% sarcosyl, 2% PVP-40, 0.5% sodium disulphite) following the DArT DNA isolation method (<http://www.diversityarrays.com>). This method has been modified to perform the DNA isolation. Approximately 50-100 mg of fungal hypha tissue was ground in 1 mL of fresh buffer solution, then incubated at 65 °C for 1 hour. The mixture was subsequently subjected to two extractions with chloroform/isoamyl alcohol (24:1) and centrifuged at 12,000 g, 4 °C for 10 minutes. The upper phase was transferred to a new tube; an equal volume of cold isopropanol was added, gently mixed by inversion, and incubated for 1 hour. After centrifugation at 12,000 g for 10 minutes, the supernatant was discarded. The DNA pellet was washed with 500 µL of 75% cold ethanol, air-dried, and dissolved in 100 µL of sterile water. DNA concentration was conducted using a NanoDrop 2000c spectrophotometer (Thermo Scientific, Waltham, MA, USA). Subsequently, DNA samples were reconstituted in 40 µL of ultrapure water.

The molecular diagnosis of *Neopestalotiopsis* sp. was carried out using the following primer sets for different genomic regions: the large subunit (LSU) region of rRNA with LROR/LR5 primers (Vilgalys and Hester, 1990), the ITS region with ITS1/ITS4 primers (White et al., 1990), a partial sequence of the  $\beta$ -tubulin (*tub2*) gene with T1/Bt2b primers (O'Donnell and Cigelnik, 1997; Glass and Donaldson, 1995), and a partial sequence of the Translation Elongation Factor (*tef1*) gene with EF-728F/1199R primers (Table 1) (Carbone and Kohn, 1999; Walker et al., 2010).

PCR amplifications were conducted with the selected primers in a 50 µL reaction mixture, consisting of 40 ng of template DNA, Dream Taq PCR Master Mix (2×) (Thermo Fischer Scientific, Waltham, MA, ABD), 10 µM of each primer. The PCR reactions were conducted

in accordance with the procedure described by Çakar (2024), with annealing temperatures specific to the primers used (LSU: 53 °C, ITS: 55 °C, *tef1*: 58 °C, *tub2*: 58 °C).

**Table 1.** Primers used in this study.

Genes	Primer name	Sequence(5'→3')	Annealing temperature	References
The large subunit (LSU) region of rRNA	LROR LR5	ACCCGCTGAACTTAAGC TCCTGAGGGAAACTTCG	53°C	Vilgalys & Hester, 1990
Internal transcribed spacer	ITS1 ITS4	TCCGTAGGTGAACCTGCGG TCCTCCGCTTATTGATATGC	55°C	White et al., 1990
Beta-tubulin ( <i>tub2</i> ) gene	T1 Bt2b	AACATGCGTGAGATTGTAAGT ACCCTCAGTGTAGTGACCCTTGGC	58°C	O'Donnell and Cigelnik 1997 Glass & Donaldson, 1995
Translation elongation factor-1 alpha ( <i>tef1a</i> ) gene	EF-728F EF-1199R	CATCGAGAAGTTCGAGAAGG GGGAAGTACCMGTGATCATGT	58°C	Carbone and Kohn, 1999; Walker et al., 2010

## 2.5 Sequencing and Phylogenetic Analysis

The four loci of *N. australis* isolates were bi-directional sequencing by MacroGen Inc. in Seoul, Korea, using the same primer sets. Subsequently, the resulting sequences were edited, and consensus sequences were derived using the SeqMan and MegAlign modules from DNASTAR software version 7.1.0 (DNASTAR Inc.). The obtained sequences were submitted to the GenBank nucleotide database with accession numbers provided by GenBank, as listed in Table 2.

Additional reference sequences from previously reported isolates, sourced from GenBank (Table 2), were aligned using the MAFFT v.7 online interface (Kato et al., 2019, accessed on 23 Sep 2023). A Maximum Likelihood (ML) phylogenetic tree was constructed for the datasets using the command-line version of RAxML-HPC BlackBox (8.2.12) (Stamatakis et al., 2008; Stamatakis, 2014) with an ultrafast bootstrap approximation approach (UFBoot2) implemented with 1000 replicates (Hoang et al., 2018). The analyses were performed utilizing the CIPRES Science Gateway V 3.3 (Accessed on 23 Sep 2023).

**Table 2.** *Neopestalotiopsis* spp. reference strains and their sequence data retrieved from GenBank.

Isolate Name	Species	Origin country	GenBank accession nos.			
			LSU	ITS	<i>tub2</i>	<i>tef1</i>
CBS 114159	<i>N. australis</i>	Australia	KM116252	KM199348	KM199432	KM199537
<b>Na_01</b>	<i>N. australis</i>	<b>Türkiye</b>	<b>*OR673077</b>	<b>OR673075</b>	<b>OR682640</b>	<b>OR682638</b>
<b>Na_12</b>	<i>N. australis</i>	<b>Türkiye</b>	<b>OR673078</b>	<b>OR673076</b>	<b>OR682641</b>	<b>OR682639</b>
CBS 367.54	<i>N. aotearoa</i>	New Zealand	KM116247	KM199369	KM199454	KM199526
CBS 447.73	<i>N. clavispota</i>	Sri Lanka	KM116275	KM199374	KM199443	KM199539
CBS 600.96	<i>N. cubana</i>	Cuba	KM116253	KM199347	KM199438	KM199521
CBS 115113	<i>N. ellipsospora</i>	Hong Kong	KM116269	KM199343	KM199450	KM199544
CBS 264.37	<i>N. eucalypticola</i>	-	KM116256	KM199376	KM199431	KM199551
CBS 115.83	<i>N. formicarum</i>	Cuba	KM116255	KM199344	KM199444	KM199519
CBS 111535	<i>N. honoluluana</i>	Hawaii	KM116263	KM199363	KM199461	KM199546
CBS 299.74	<i>N. mesopotamica</i>	Turkey	KM116257	KM199361	KM199435	KM199541
CBS 138.41	<i>N. natalensis</i>	South Africa	KM116279	KM199377	KM199466	KM199552
CBS 101057	<i>N. rosae</i>	New Zeland	KM116245	KM19935	KM199429	KM199523
CBS 115452	<i>N. saprophytica</i>	Hong Kong	KM116251	KM199345	KM199433	KM199538
MFLUCC 12-0287	<i>P. diversiseta</i>	China	-	JX399009	JX399040	JX399073

\* Strains sequenced in this study are in bold type

## 2.6. Pathogenicity Tests on Needles

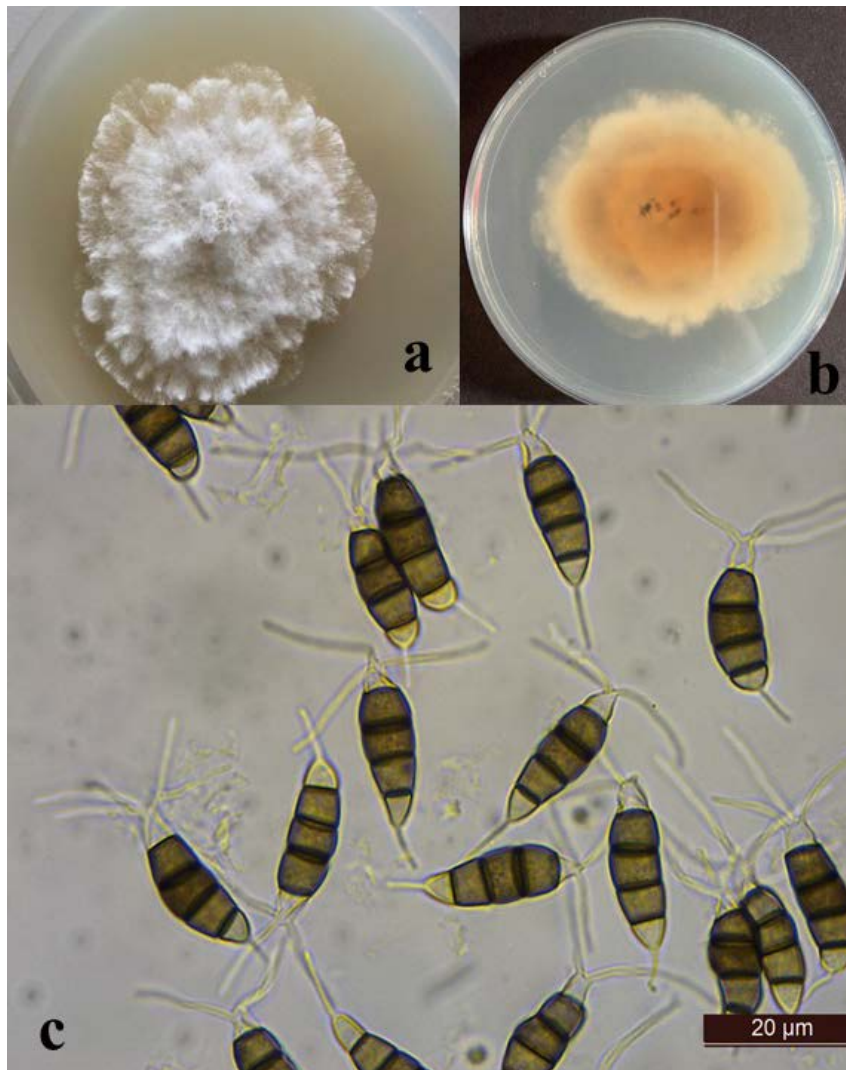
The pathogenicity of *N. australis* was examined on six healthy stone pine seedlings using the spore suspension (Silva et al., 2020a). The Na\_01 isolate of *N. australis* was employed for the pathogenicity assessment. Spore suspensions were prepared by inundating Petri dishes containing sporulated cultures with distilled water and then gently removing the spores from the surface with a sterile needle. In this process, approximately 10 mL of spore suspensions with a concentration of  $1 \times 10^5$  were sprayed onto two-years-old, container-grown, healthy saplings. To maintain humidity, the inoculated saplings were enclosed in polyethylene bags and placed inside climate chambers set at 23 °C with a relative humidity of 50%. After 28 days, an evaluation was conducted by counting the necrotic and healthy needles on each sapling. Six seedlings were involved in the experiment, and sterile ultrapure water was used for control treatments by means of spraying.

## 3. Results

### 3.1. The Fungi Obtained from Necrotic Needles

*Neopestalotiopsis australis* was isolated from 25 out of 60 necrotic needles examined. Needle blights have been observed to initiate at the base of the needles and progress towards the tips. Their cultures on PDA displayed pycnidial conidiomata that were globose to clavate in shape. These conidiomata were either solitary or clustered together, semi-immersed, brown to black in color, and exuded globose, dark brown to black conidial masses. The conidia were fusoid or ellipsoid, straight to slightly curved, and had 4 septa (Maharachchikumbura et al., 2014; Park et al., 2016; Santos et al., 2020). Conidia were measured  $22 \sim 24.7 \times 5.8 \sim 8 \mu\text{m}$  (n=15). Conidiogenous cells were indistinct. Also, colony size was  $6.3 \times 6.1\text{cm}$  in diameter after five days on PDA.

Colonies on PDA exhibited a lobate edge, were pale honey-colored, and displayed dense aerial mycelium on the surface along with black, concentric conidiomata (Figure 2).

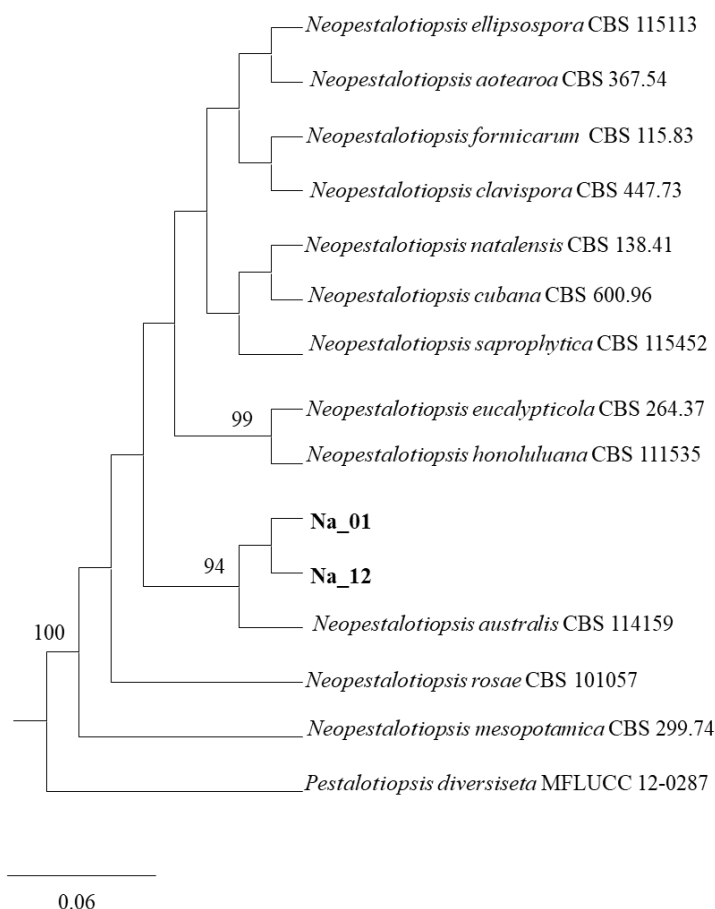


**Figure 2.** **a**, Colonial characteristics of the *Neopestalotiopsis australis*; **b**, Colony morphologies of Na\_01 isolate on PDA **c**, Conidia, scale bars: 20  $\mu$ m.

### 3.2. Molecular Identification

Morphological identification was confirmed by molecular tools based on BLASTn analysis of LSU, ITS, *tub2*, and *tef1* of *N. australis*. Two randomly selected isolates (Na\_01 and Na\_12) were compared by aligning their sequences with those obtained from the NCBI GenBank database. The GenBank accession numbers for these isolates are provided in Table 2. A BLASTn search of the Na\_01 and Na\_12 isolates showed 100% nucleotide identity with the strain of *N. australis* [GenBank Accession Nos. ON316846 (*tub2*)].

A ML phylogenetic tree was formed for two isolates of *N. australis* based on four loci LSU, ITS, *tub2*, and *tef1*, and they took place in the clade of *N. australis* reference isolates deposited in GenBank with high bootstrap values (Figure 3). The resulting phylogenetic tree was rooted with *Pestalotiopsis diversiseta* Maharachch. & K.D. Hyde.



**Figure 3.** The phylogenetic tree depicting *Neopestalotiopsis* isolates, constructed using RaxML on the Cipres webserver, relies on LSU, ITS, *tub2*, and *tef1* sequences. Bootstrap values exceeding 70% are marked. Isolates obtained during this investigation are highlighted in bold. The tree's root is aligned with *Pestalotiopsis diversiseta* (MFLUCC 12-0287).

### 3.3. Pathogenicity of *Neopestalotiopsis australis*

Twenty-eight days post-inoculation with spore suspensions, *N. australis* (Na\_01) triggered the formation of necrosis on needles. After 28 days, approximately 70% of the needles on each sapling exhibited disease symptoms (the evaluations were done after 28 days by counting the necrotic and healthy needles on each sapling) while those of the control plants remained healthy. *N. australis* was re-isolated from necrotic needles (Figure 4).



**Figure 4.** The saplings exhibiting drying symptoms at the end of the pathogenicity.

#### **4. Discussion**

In this study, *N. australis* was first identified from the blighted needles of *P. pinea* in forest nursery in Türkiye. The sequence analysis of LSU, ITS, *tub2*, and *tefl* gene regions was found to be highly beneficial in molecularly confirming the species diagnosis, as demonstrated in previous studies by Maharachchikumbura et al. (2014) and Diogo et al. (2021).

There is no evidence of this fungus causing needle blight on stone pine. Maharachchikumbura et al. (2014) first introduced *Neopestalotiopsis* species through morphological and molecular investigation. Lately, *Neopestalotiopsis* species have been detected in many hosts (Akinsanmi et al., 2017; Diogo et al., 2021; Maharachchikumbura et al., 2017; Rodríguez-Gálvez et al., 2020). However, findings related to *Neopestalotiopsis*



species in woody plants are relatively scarce. In one study on woody plants, *N. australis* was reported as a pathogen in eucalyptus trees (Santos et al., 2020).

The occurrence of needle blight disease in stone pine and other pine species is generally linked to *D. sapinea* (Hartman et al., 2009; Luchi et al., 2014). In recent years, several fungal agents including *S. polyspora*, *H. spartii*, and *P. pini* causing needle blight in stone pine have been identified (Hlaiem et al., 2019; Silva et al., 2020a, b). However, in the present study, none of these three fungi were isolated from the necrotic needles. Only one fungal agent, *N. australis*, was detected in the necrotic needles.

Various *Pestalotiopsis* species causing needle blight in stone pines have been isolated (Silva et al., 2020b). Some *Pestalotiopsis* species have also been associated with conifers (Liu et al., 2015; Maharachchikumbura et al., 2014). Silva et al. (2020a) conducted pathogenicity tests for the most commonly isolated *P. pini* sp. nov. and *P. australis* in blighted shoots of *P. pinea*. They reported that *P. australis* did not show pathogenicity.

Researchers have suggested that the development of shoot blight could be influenced by multiple factors, both biotic and abiotic. Researchers have detected the presence of different fungal pathogens alongside the primary causal agent in the needles (Silva et al., 2020b). Additionally, some researchers have observed that water stress and air temperature play a major role in the development of the disease (Belisário et al., 2020; Steinrucken et al., 2017). The occurrence of needle blights in nurseries might indicate that *N. australis* has opportunistically become a fungal pathogen in response to water stress and temperature conditions.

## 5. Conclusions

There has been no previous record of *N. australis* causing needle blight in *P. pinea* in the world. This fungus has been newly described and identified as the cause of needle blight in stone pine. It is believed that during the transfer of seedlings grown in nurseries to reforestation areas, diseased saplings that go unnoticed and seedlings that do not exhibit symptoms but may harbor the pathogen endophytically can become pathogens as plant stress factors increase in their growth areas. This research confirms that *N. australis* is an emerging pathogen responsible for causing needle blight on *P. pinea* at the Hendek Forest Nursery. This is the first recorded occurrence of *N. australis* on stone pine in Türkiye.

The disease of shoot blight observed in stone pine is significant for the forestry industry because the presence of dry shoots on trees can lead to a reduction in pine cone development and pine nut production. The transportation of diseased stone pine saplings

cultivated in nurseries to reforestation areas may pose a threat to the health of stone pine forests. Future research efforts should be directed towards enhancing our understanding of the potential impacts of *N. australis* species in stone pine and developing management strategies against these pathogens.

### Acknowledgments

I am thankful to the staff of the General Directory of Forestry and İsmail Yörük, The Chief of Nursery of Sakarya Forest Regional Directorate. I am also thankful to the helps of Dr. Seçil Akıllı Şimşek for providing lab facilities and Dr. Göksel Özer, who suggested valuable information on the current study.

### References

- Akinsanmi, O.A., Nisa, S., Je Ego, O.S., Shivas, R.G., Drenth, A., (2017). Dry Flower Disease of Macadamia in Australia caused by *Neopestalotiopsis macadamiae* sp. nov. and *Pestalotiopsis macadamiae* sp. nov. *Plant Disease*, 101(1), 45–53.
- Akyol, A., Örucü, Ö.K., (2019). Investigation and evaluation of stone pine (*Pinus pinea* L.) current and future potential distribution under climate change in Turkey. *Cerne*, 25(4), 415–423.
- Anşın, R., Özkan, Z.C., (1997). Tohumlu bitkiler (Spermatophyta) odunsu taksonlar, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları (in Turkish).
- Awan, H.U.M., Pettenella, D., (2017). Pine nuts: A review of recent sanitary conditions and market development. *Forests*, 8(10), 367.
- Belisário, R., Aucique-Pérez, C.E., Abreu, L.M., Salcedo, S.S., de Oliveira, W.M., Furtado, G.Q., (2020). Infection by *Neopestalotiopsis* spp. occurs on unwounded Eucalyptus leaves and is favoured by long periods of leaf wetness. *Plant Pathology*, 69(2), 194–204.
- Bezerra, J.D.P., Machado, A.R., Firmino, A.L., Rosado, A.W.C., Souza, C.A.F., Souza-Motta, C.M., Freire, K.T.L.S., Paiva, L.M., Magalhães, O.M.C., Pereira, O. L., (2018). Mycological diversity description I. *Acta Botanica Brasilica*, 32, 1–11.
- Botella, L., Javier Diez, J., 2011. Phylogenic diversity of fungal endophytes in Spanish stands of *Pinus halepensis*. *Fungal Diversity*, 47, 9–18.
- Calama, R., Montero, G., (2007). Cone and seed production from stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in Central Range (Spain). *European Journal of Forest Research*, 126(1), 23–35.

- Carbone, I., Kohn, L. M. A. (1999). Method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes. *Mycologia*, 91(3), 553–556.
- Çakar, D. 2024. Significance of *Gnomoniopsis smithogilvyi* as kernel rot of sweet chestnut in Turkey. *Journal of Phytopathology*, 172(2), 13293.
- Diogo, E., Gonçalves, C.I., Silva, A.C., Valente, C., Bragança, H., Phillips, A.J., (2021). Five new species of *Neopestalotiopsis* associated with diseased Eucalyptus spp. in Portugal. *Mycological Progress*, 20(11), 1441–1456.
- Freitas, E., Silva, M.D., Barros, M., Kasuya, M., (2019). *Neopestalotiopsis hadrolaeliae* sp. nov. a new endophytic species from the roots of the endangered orchid *Hadrolaelia jongheana* in Brazil. *Phytotaxa*, 416(3), 211–220.
- Glass, N.L, Donaldson, G.C., (1995). Development of primer sets designed for use with the PCR to amplify conserved genes from filamentous ascomycetes. *Applied and Environmental Microbiology*, 61(4), 1323–1330.
- Hartman, J.R., Vaillancourt, L.J., Flowers, J.L., Bateman, A.M., (2009). Managing *Diplodia* tip blight of landscape Austrian pines. *Journal of Arboriculture*, 35(1), 27.
- Hlaiem, S., Zouaoui, Boutiti, M., Ben Jamaa, M.L., (2019). *Heterotruncatella spartii* causal agent of dieback disease on *Pinus pinea* in Tunisia. *Plant Pathology & Quarantine*, 9(1), 192–197.
- Hoang, D. T., Chernomor, O., von Haeseler, A., Minh, B. Q., Vinh, L.S., (2018). UFBoot2: Improving the ultrafast bootstrap approximation. *Molecular Biology and Evolution*, 35(2), 518–522.
- Hopkins, K.E., McQuilken, M.P., (2000). Characteristics of *Pestalotiopsis* associated with hardy ornamental plants in the UK. *European Journal of Plant Pathology*, 106(1), 77–85.
- Hu, H. L., Jeewon, R., Zhou, D. Q., Zhou, T. X., Hyde, K. D., (2007). Phylogenetic diversity of endophytic *Pestalotiopsis* species in *Pinus armandii* and *Ribes* spp.: evidence from rDNA and  $\beta$ -tulin gene phylogenies. *Fungal Diversity*, 24, 1–22.
- Katoh, K., Rozewicki, J., Yamada, K. D., (2019). MAFFT online service: Multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualisation. *Briefings in Bioinformatics*, 20(4), 1160–1166.
- Keskin, T., Makineci, E., (2009). Some forest floor and soil properties of umbrella pine (*Pinus pinea* L.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) plantations on mine lands in Agacli-Istanbul. *Suleyman Demirel University Faculty of Forestry Journal, Seri A*(1), 38–51.

- Kılıcı, M., Sayman, M., Akbin, G., (2000). Factors affecting the development of Stone Pine (*Pinus pinea* L.) in Western Anatolia. *İzmir Forest Soil Laboratory publications*, 130.
- Kırdar, E., Özel, H.B., Ertekin, M., (2010). Effects of pruning on height and diameter growth at stone pine (*Pinus pinea* L.) afforestations. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 12(18), 1–10.
- Kurt, R., Karayılmazlar, S., İmren, E., Cabuk, Y., (2016). Non-wood forest products in Turkey forestry sector: Export analysis. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 18(2), 158–167.
- Liu, J.K., Hyde, K.D., Jones, E.B.G., Ariyawansa, H.A., Bhat, D.J., Boonmee, S., Maharachchikumbura, S.S.N., McKenzie, E.H.C., Phookamsak, R., Phukhamsakda, C., Shenoy, B.D., Abdel-Wahab, M.A., Chen, J., Chethana, K.W.T., Singtripop, C., Dai, D.Q., Dai, Y.C., Daranagama, D.A., Dissanayake, A.J., Camporesi, E., (2015). Fungal diversity notes 1–110: Taxonomic and phylogenetic contributions to fungal species. *Fungal Diversity*, 72, 1–197.
- Luchi, N., Oliveira, Longa, C.M., Danti, R., Capretti, P., Maresi, G., (2014). *Diplodia sapinea*: The main fungal species involved in the colonization of pine shoots in Italy. *Forest Pathology*, 44(5), 372–381.
- Maharachchikumbura, S.S., Hyde, K.D., Groenewald, J.Z., Xu, J., Crous, P.W., (2014). *Pestalotiopsis* revisited. *Studies in Mycology*, 79(1), 121–186.
- Maharachchikumbura, S., Larignon, P., Hyde, K., Al-Sadi, A., Liu, Z.Y., (2017). Characterization of *Neopestalotiopsis*, *Pestalotiopsis* and *Truncatella* species associated with grapevine trunk diseases in France. *Phytopathologia Mediterranea*, 55, 380–390.
- Mutke, S., Martí'nez, J., Gordo, J., Nicolas, J.L., Herrero, N., Pastor, A., et al. (2014). Severe seed yield loss in Mediterranean Stone pine cones. 5th International Conference on Mediterranean Pines (Medpine5) 22–26 September 2014. Solsona, Spain.
- Mutke, S., Calama, R., Nasrallah Neaymeh, E., Roques, A., (2017). Impact of the Dry Cone Syndrome on commercial kernel yield of stone pine cones. In I. Carrasquinho, A. C. Correia, S. Mutke (Eds.) *Mediterranean Pine Nuts from Forests and Plantations* (pp. 154–196). CIHEAM: Zaragoza, Spain.
- General Directory of Forestry (GDF), (2021). Turkey Forests, Turkish General Directorate of Forestry.

- O'Donnell, K., Cigelnik, E. (1997). Two divergent intragenomic rDNA ITS2 types within a monophyletic lineage of the fungus *Fusarium* nonorthologous. *Molecular phylogenetics and evolution*, 7(1), 103-116.
- Park, S., Lee, S. Y., Lee, J. J., Back, C. G., Ten, L., Lee, H. B., & Jung, H. Y. (2016). First report of *Neopestalotiopsis australis* isolated from soil in Korea. *The Korean Journal of Mycology*, 44(4), 360-364.
- Ran, S.F., Maharachchikumbura, S.S.N., Ren, Y.L., Liu, H., Chen, K.R., Wang, Y.X., Wang, Y., (2017). Two new records in *Pestalotiopsis* associated with *Orchidaceae* disease in Guangxi Province, China. *Mycosphere*, 8, 121–130.
- Reddy, M.S., Murali, T.S., Suryanarayanan, T.S., Rajulu, M.B.G., Thirunavukkarasu, N., (2016). *Pestalotiopsis* species occur as generalist endophytes in trees of Western Ghats forests of southern India. *Fungal Ecology*, 24, 70–75.
- Rodríguez-Gálvez, E., Hilário, S., Lopes, A., Alves, A., (2020). Diversity and pathogenicity of *Lasiodiplodia* and *Neopestalotiopsis* species associated with stem blight and dieback of blueberry plants in Peru. *European Journal of Plant Pathology*, 157(1), 89–102.
- Santos, G.S., Mafia, R.G., Aguiar, A.M., Zarpelon, T.G., Damacena, M.B., Barros, A.F., Ferreira, M.A., (2020). Stem rot of eucalyptus cuttings caused by *Neopestalotiopsis* spp. in Brazil. *Journal of Phytopathology*, 168(6), 311-321.
- Silva, A.C., Diogo, E., Henriques, J., Ramos, A.P., Sandoval-Denis, M., Crous, P.W., Bragança, H., (2020a). *Pestalotiopsis pini* sp. nov., an Emerging Pathogen on Stone Pine (*Pinus pinea* L.). *Forests*, 11(8), 805.
- Silva, A.C., Henriques, J., Diogo, E., Ramos, A.P., Bragança, H., (2020b). First report of *Sydowia polyspora* causing disease on *Pinus pinea* shoots. *Forest Pathology*, 50(1), e12570.
- Stamatakis, A., Hoover, P., Rougemont, J. A., 2008. Rapid bootstrap algorithm for the RAxML web servers. *Systematic Biology*, 57(5), 758–771.
- Stamatakis, A., (2014). RAxML version 8, a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*, 30(9), 1312–1313.
- Stone J.K., Polishook J.D., White J.F., (2004). *Endophytic fungi*. In: *Biodiversity of Fungi*. Elsevier, Burlington, pp 241–270.
- Steinrücken, T.V., Raghavendra, A.K.H., Powell, J.R., Bissett, A., van Klinken, R.D., (2017). Triggering dieback in an invasive plant: Endophyte diversity and pathogenicity. *Australasian Plant Pathology*, 46, 157–170.

- Tejesvi, M.V., Nalini, M.S., Mahesh, B., Prakash, H.S., Kini, K.R., Shetty, H.S., Subbiah, V., (2007). New hopes from endophytic fungal secondary metabolites. *Boletín de la Sociedad Química de México*, 1(1), 19–26.
- Tibpromma, S., Hyde, K.D., McKenzie, E.H., Bhat, D.J., Phillips, A.J., Wanasinghe, D.N., Samarakoon, M.C., Jayawardena, R.S., Dissanayake, A.J., Tennakoon, D.S., Doilom, M., (2018). Fungal diversity notes 840–928: micro-fungi associated with Pandanaceae. *Fungal Diversity*, 93, 840–928.
- Vilgalys, R., Hester, M., (1990). Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species. *Journal of Bacteriology*, 172(8), 4238–4246.
- Walker, D.M., Castlebury, L.A., Rossman, A.Y., Sogonov, M.V., White, J.F., (2010). Systematics of genus *Gnomoniopsis* (*Gnomoniaceae*, *Diaporthales*) based on a three gene phylogeny, host associations and morphology. *Mycologia*, 102(6), 1479–1496.
- Watanabe, K., Motohashi, K., Ono, Y., (2010). Description of *Pestalotiopsis pallidotheae*: a new species from Japan. *Mycoscience*, 51(3), 182–188.
- White, T.J., Bruns, T., Lee, S.J.W.T., Taylor, J., (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: A Guide to Methods and Applications*, 183, 315–322.
- Yang, Q., Zeng, X.Y., Yuan, J., Zhang, Q., He, Y.K., Wang, Y., (2021). Two new species of *Neopestalotiopsis* from southern China. *Biodiversity Data Journal*, 9, e70446.

## *Azospirillum lipoferum* ve Deniz Yosunu Özütünün Sakız Kabağı (*Cucurbita pepo* L.) Fidelerinin Büyüme ve Gelişim Parametreleri Üzerindeki Etkileri

### Effects of *Azospirillum lipoferum* and Seaweed Extract on Growth and Development Parameters of Zucchini (*Cucurbita pepo* L.) Seedlings

 Yadigar Leyla DOĞAN<sup>1</sup>,  Özlem ÜZAL<sup>2</sup>,  Ömer ÖZTAŞ<sup>2</sup>,  Fikret YAŞAR<sup>2</sup>

#### Özet

Çalışma, *Azospirillum lipoferum* (AzL) ve deniz yosunu özütünün (DY), sakız kabağı (*Cucurbita pepo* L.) fidelerinde büyüme ve gelişim parametrelerine etkilerini incelemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme kontrollü iklim koşullarında gerçekleştirilmiş ve biyostimülantlar üç farklı dozda (1.25 ml/L, 2.5 ml/L, 5 ml/L) tek başına ve kombinasyon halinde uygulanmıştır. Çalışmada gövde boyu (cm), gövde çapı (mm), yaprak sayısı (adet), boğum arası mesafe (mm), kök uzunluğu (cm), yaş ve kuru ağırlık (g) gibi büyüme parametreleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, uygulamaların kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde iyileşme sağladığını göstermiştir ( $p<0.05$ ). Özellikle *Azospirillum* ve deniz yosununun orta doz kombinasyonu (2.5 ml/L), büyüme ve biyokütle parametrelerinde en yüksek değerleri sağlamıştır. Sonuçlar, bu biyostimülantların, fidecilikte çevre dostu ve sürdürülebilir alternatifler olarak kullanılma potansiyelini desteklemektedir. İlerleyen araştırmalarda, bu uygulamaların farklı bitki türleri ve çevresel stres koşulları üzerindeki etkilerinin araştırılması önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Cucurbita pepo* L., PGPR, *Azospirillum lipoferum*, deniz yosunu

#### Abstract

The study was conducted to investigate the effects of *Azospirillum lipoferum* (AzL) and seaweed extract (DY) on the growth and development parameters of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) seedlings. The experiment was carried out under controlled climatic conditions, and the biostimulants were applied at three different doses (1.25 ml/L, 2.5 ml/L, 5 ml/L), both individually and in combination. Growth parameters such as stem height (cm), stem diameter (mm), number of leaves, internode length (mm), root length (cm), fresh and dry weight (g) were evaluated. The findings demonstrated that the treatments significantly improved growth compared to the control group ( $p<0.05$ ). Notably, the medium-dose combination (2.5 ml/L) of *Azospirillum* and seaweed extract yielded the highest values for growth and biomass parameters. The results support the potential use of these biostimulants as environmentally friendly and sustainable alternatives in seedling production. Future studies are recommended to explore the effects of these applications on different plant species and under various environmental stress conditions.

**Keywords:** *Cucurbita pepo* L., PGPR, *Azospirillum lipoferum*, seaweed

## 1. Giriş

Dünyada nüfusun hızla artması, tarımsal üretimin artırılmasını ve artan gıda ihtiyacının sürdürülebilir bir şekilde karşılanmasını zorunlu hale getirmektedir (Bhat ve ark., 2023). Tarım alanlarının sınırlı olması, verimliliğin artırılmasını gerektirirken kimyasal gübrelerin yoğun kullanımına yol açmıştır (Namara ve ark., 2024). Ancak, kimyasal gübrelerin aşırı ve kontrolsüz kullanımı, uzun vadede toprak yapısını bozmakta, biyolojik çeşitliliği azaltmakta ve çevresel sürdürülebilirliği tehdit etmektedir (Lee ve ark., 2021; Aoudi ve ark., 2024). Bu durum, tarımsal üretimde çevre dostu uygulamaların giderek önem kazanmasına neden olmaktadır (Chieb ve Gachomo, 2023). Bu bağlamda biyostimülantlar (deniz yosunu özleri, mikrobiyal ürünler ve humik/fulvik asitler), tarımsal üretimde çevresel sürdürülebilirliği destekleyen önemli alternatifler olarak öne çıkmaktadır (Shahwar ve ark., 2023). Besin alımı, su kullanımı ve stres yönetimi gibi süreçleri iyileştirerek bitkilerin büyümesini ve dayanıklılığını artıran biyostimülantlar, fidecilik sektöründe giderek daha fazla uygulanmaktadır (Kibar, 2020; Şensoy, 2024). Türkiye, fide üretiminde hızlı bir büyüme göstermiş; 2013 yılında yaklaşık 3,2 milyar adet olan üretim, 2023 yılında 6 milyar adede ulaşmıştır (TÜRKTÖB, 2024). Fide yetiştiriciliği, erkencilik, yüksek verim, kök hastalıklarına dayanıklılık ve homojen büyüme gibi avantajlar sunmaktadır (Demir ve ark., 2020; Tüzel ve ark., 2021; Şa ve ark., 2023). Bu süreçte yaygın olarak kullanılan torf, hastalıklardan arındırılmış yapısı ve yüksek su tutma kapasitesiyle öne çıkmaktadır (Sharma ve ark., 2022). Ancak torf ortamında yetişen fideler, iki yapraklı döneme ulaştıklarında besin eksikliğini önlemek amacıyla gübreleme yapılmasına ihtiyaç duymaktadır (Tüzel ve ark., 2021; Şa ve ark., 2023). Bu bağlamda, biyostimülantlar, fidelerin besin eksikliğini giderilmesi ve gelişim süreçlerinin desteklenmesi açısından etkili bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Son yıllarda ön plana çıkan biyostimülantlar, hem besin alımını optimize ederek hem de hormonal etkilerle bitki gelişimini destekleyerek fide kalitesini artırmaktadır (Garcia-Villaraco ve ark., 2024). Deniz yosunu özütleri, biyostimülantlar arasında önemli bir yere sahiptir ve fide yetiştiriciliğinde kök gelişimini destekleyen, bitkilerin stres koşullarına dayanıklılığını artıran biyoaktif bileşikler içermektedir. Birçok araştırmacı, bu özütlerin oksin ve sitokinin gibi bitki hormonlarını düzenleyerek büyümeyi olumlu yönde etkilediğini vurgulamaktadır (Delitte ve ark., 2021; Aremu ve ark., 2022). Bunun yanı sıra, bitki büyüme düzenleyici bakteriler (PGPR - Bitki Gelişim Teşvik Edici Rizobakteriler) de biyostimülantlar arasında önemli bir konuma sahiptir. Bu bakteriler, azot fiksasyonu, fosfor



çözünürlüğü ve fitohormon sentezi gibi mekanizmalar aracılığıyla fide kalitesini artırmada etkin bir rol oynamaktadır (Cervantes-Vázquez ve ark., 2021; Miceli ve ark., 2021; South ve ark., 2021). Özellikle *Azospirillum spp.*, azot biyofiksasyonu yoluyla sürdürülebilir üretime katkı sağlamaktadır (Masson-Boivin ve Sachs, 2018; Yaghoubi Khangahi ve ark., 2024). Çalışmada, sakız kabağı fide yetiştiriciliğinde kimyasal gübre kullanımına alternatif olarak *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özütü uygulanmıştır. Araştırmanın temel amacı, biyostimülantların fidecilikte kullanımının önemini vurgulamak ve organik fide yetiştiriciliği için bir alternatif olarak değerlendirilebilecek potansiyel katkılarını ortaya koymaktır. Bu kapsamda, biyostimülantların sakız kabağı fidelerinin büyüme ve gelişim parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve organik fide yetiştiriciliğine yönelik sürdürülebilir bir yaklaşım sunulmuştur.

## 2. Materyal ve Yöntem

Deneme, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji Laboratuvarı'na ait iklim odasında gerçekleştirilmiş ve araştırmada *Cucurbita pepo* L. beyaz sakız kabak çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. Deneme, kontrollü çevre koşulu sağlamak amacıyla yürütülmüş; ortam sıcaklığı  $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ , bağıl nem ise %60-70 arasında sabit tutulmuş, aydınlatma süresi ise 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık olarak düzenlenmiştir. Bitkilerin yetiştirilmesinde kullanılan ortam, torf ve perlitin hacimsel olarak eşit miktarlarda karıştırılmasıyla oluşturulmuş ve karışım viyollere yerleştirilmiştir. Her bir viyole tohumlar aynı derinlikte ekilmiş (2 Şubat 2024), çimlenme süresince tohumlar saf su ile sulanmış ve nem kaybını önlemek için viyollerin üzeri kâğıtla kaplanmıştır. Çimlenme tamamlandıktan sonra kâğıtlar kaldırılmış ve bitkiler gelişimlerini iklim odasında sürdürmüştür. Gerçek yaprak oluşumu gözlemlenen bitkiler (4 Mart 2024) üzerinde büyümeyi teşvik edici çeşitli uygulamalar yapılmıştır. Çalışmada toplam 10 farklı uygulama grubu yer almıştır: AzL-1, AzL-2, AzL-3, DY-1, DY-2, DY-3, AzL+DY-1, AzL+DY-2, AzL+DY-3 ve kontrol. Deneme tesadüf parselleri desenine göre, her grupta üç tekerrür olacak şekilde kurulmuştur. Grupların tamamı değerlendirildiğinde, çalışma toplamda 90 bitki üzerinde gerçekleştirilmiştir. Denemenin uygulama grupları farklı dozlarda düzenlenmiştir. *Azospirillum lipoferum* (AzL) uygulamaları AzL-1 (1.25 ml/L), AzL-2 (2.5 ml/L) ve AzL-3 (5 ml/L) dozlarında uygulanmıştır. Deniz yosunu özütü (DY) uygulamaları ise DY-1 (1.25 ml/L), DY-2 (2.5 ml/L) ve DY-3 (5 ml/L) dozlarında gerçekleştirilmiştir. Kombinasyon gruplarında, *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özütü eşit dozlarda birlikte uygulanmıştır. Buna göre, AzL+DY-1 grubu (1.25 ml/L AzL + 1.25 ml/L DY), AzL+DY-2

grubu (2.5 ml/L AzL + 2.5 ml/L DY) ve AzL+DY-3 grubu (5 ml/L AzL + 5 ml/L DY) dozlarından oluşmaktadır. Kontrol grubunda ise bitkilere yalnızca saf su uygulanmıştır. Biyostimülantlar saf suya eklenerek homojen bir şekilde karıştırılmış ve elde edilen karışım gelişme ortamına verilmiştir. İşlemler bir hafta arayla iki kez tekrarlanmıştır (1. PGPR uygulaması 4 Mart 2024- 2. PGPR uygulaması 11 Mart 2024). Deneme süresince bitkiler, gelişim durumlarına göre her 2-3 günde bir düzenli olarak saf su ile sulanmıştır. Denemede kullanılan *Azospirillum lipoferum* bakterisi ( $1 \times 10^6$  kob/ml) Agrobrest firmasından, deniz yosunu özü ise Timac Agro firmasının Fertileader Vital [N-%9; P-%5; K-%4; B-%0.05; Cu-%0.02; Fe-%0.02; Mn-%0.1; Mo-%0.01; Zn-%0.05; yoğunluk %1.16 g/ml; Seactiv™ kompleksi (isopentyl adenin, glisin-betain, bitkisel kaynaklı amino asitler)] ürünü olarak temin edilmiştir. Deneme sonunda dikim olgunluğuna ulaşan fidelerde (19 Mart 2024) çeşitli büyüme parametreleri ölçülmüştür. Gövde uzunluğu, kök boğazından büyüme ucuna kadar cetvelle ölçülmüş; gövde çapı ise kök boğazından dijital kumpas yardımıyla belirlenmiştir. Her bitkinin yaprak sayısı kaydedilmiş ve boğum arası mesafe, dijital kumpas kullanılarak 2. ve 3. boğum arasından ölçülmüştür. Hasat edilen bitkilerde kök uzunluğu cetvelle belirlenmiş, yeşil aksam ve köklerin yaş ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır. Kuru ağırlık ölçümleri için; bitkiler 70°C’de yaklaşık 72 saat etüvde kurutulmuş ve ardından tartılmıştır. Elde edilen veriler, Statgraphics istatistik analiz yazılımı kullanılarak değerlendirilmiş, varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar %5 anlamlılık seviyesinde Duncan testi ile istatistiksel olarak gruplandırılmıştır.

### 3. Bulgular

Çalışmadan gövde ve boğum arası parametrelerinden elde edilen değerler Çizelge 1’de, kök parametrelerinden elde edilen değerler Çizelge 2’de, yaprak parametrelerinden elde edilen değerler Çizelge 3’de, toplam yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları ise Çizelge 4’de belirtilmiştir.

**Çizelge 1.** Uygulamaların gövde ve boğum arası parametreleri üzerine etkileri.

Uygulamalar	Gövde Boyu (cm)	Gövde Çapı (mm)	Gövde Yaş Ağırlığı (g)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)	Boğum Arası (mm)
<b>Kontrol</b>	3.977±0.64 C	3.804±0.68 CD	0.707±0.38 C	0.055±0.01 B	9.604±3.97 D
<b>AzL-1</b>	5.267±0.95 AB	3.556±0.40 D	0.713±0.17 C	0.062±0.02 B	11.791±5.94 B-D
<b>AzL-2</b>	5.344±0.55 AB	3.720±0.25 D	0.834±0.09 BC	0.078±0.01 AB	15.843±5.29 AB
<b>AzL-3</b>	4.978±1.19 A-C	4.009±0.59 A-D	0.722±0.20 BC	0.071±0.02 AB	13.364±4.49 A-D
<b>DY-1</b>	4.944±0.98 A-C	4.383±0.68 AB	1.113±0.29 A	0.085±0.04 AB	12.058±5.16 B-D
<b>DY-2</b>	4.811±0.57 A-C	4.260±0.62 A-C	0.870±0.10 BC	0.065±0.01 B	10.512±2.92 CD
<b>DY-3</b>	4.356±1.75 BC	3.820±0.42 CD	0.829±0.23 BC	0.060±0.02 B	9.463±3.35 D

<b>AzL+DY-1</b>	5.789±1.25 A	3.894±0.42 B-D	0.954±0.27 AB	0.087±0.03 AB	17.390±7.93 A
<b>AzL+DY-2</b>	5.464±0.85 A	4.333±0.19 A-C	0.912±0.16 A-C	0.132±0.18 A	17.521±5.46 A
<b>AzL+DY-3</b>	5.822±0.84 A	4.532±0.54 A	0.880±0.12 BC	0.067±0.01 B	15.211±3.18 A-C
<b>P Değeri</b>	0.0036	0.0006	0.0049	0.3195	0.0014

\*Aynı sütunda farklı harfi alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ).

\*Değerler (ortalama ± standart sapma) olarak verilmiştir.

### 3.1. Gövde boyu

Farklı uygulamaların kabak bitkisi gövde boyu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı ve kontrol bitkilerine kıyasla AzL-1, AzL-2, AzL+DY-1, AzL+DY-2, AzL+DY-3 uygulamalarının istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığı saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %34.37 artış ile AzL-2 (5.344 cm) uygulamasında, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %24.31 artış ile DY-1 (4.944 cm) uygulamasında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %46.39 artış ile AzL+DY-3 (5.822 cm) uygulamasında kaydedilmiştir (Çizelge 1). Kontrol grubu (3.977 cm) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer % 46.39 artış ile AzL+DY-3 (5.822 cm) uygulamasında gözlemlenmiştir, en düşük değer ise % 9.53 artış ile DY-3 (4.356 cm) uygulamasında belirlenmiştir.

### 3.2. Gövde çapı

Farklı uygulamaların kabak bitkisi gövde çapı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı ve kontrol bitkilerine kıyasla DY-1, AzL+DY-3 uygulamalarının istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığı tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %5.39 artış ile AzL-3 (4.009 mm) uygulamasında, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %15.22 artış ile DY-1 (4.383 mm) uygulamasında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %19.14 artış ile AzL+DY-3 (4.532 mm) uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 1). Kontrol grubu (3.804 mm) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer %19.14 artış ile AzL+DY-3 (4.532 mm) uygulamasında iken en düşük değer ise %6.52 azalış ile AzL-1 (3.556 mm) uygulamasında kaydedilmiştir.

### 3.3. Gövde yaş ağırlığı

Farklı uygulamaların kabak bitkisi gövde yaş ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı ve kontrol bitkilerine kıyasla DY-1, AzL+DY-1 uygulamalarının istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığı saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %17.96 artış ile AzL-2 (0.834 g) uygulamasında, DY

dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %57.43 artış ile DY-1 (1.113 g) uygulamasında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %34.94 artış ile AzL+DY-1 (0.954 g) uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 1). Kontrol grubu (0,707 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer %57.43 artış ile DY-1 (1.113 g) uygulamasında iken en düşük değer ise %0.85 artış ile AzL-1 (0.713 g) uygulamasında tespit edilmiştir.

### 3.4. Gövde kuru ağırlığı

Farklı uygulamaların kabak bitkisi gövde kuru ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı saptanmıştır ( $p > 0.05$ ). AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %41.82 artış ile AzL-2 (0.078 g) uygulamasında, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %54.55 artış ile DY-1 (0.085 g) uygulamasında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %140 artış ile AzL+DY-2 (0.132 g) uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 1). Kontrol grubu (0.055 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer %140 artış ile AzL+DY-2 (0.132 g) iken en düşük değer ise %9.09 artış ile DY-3 (0.06 g) uygulamasında belirlenmiştir.

### 3.5. Boğum arası mesafe

Farklı uygulamaların kabak bitkisi boğum arası mesafe üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı ve kontrol bitkilerine kıyasla AzL-2, AzL+DY-1, AzL+DY-2, AzL+DY-3 uygulamalarının istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığı tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %64.96 artış ile AzL-2 (15.843 mm) uygulamasında, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %25.55 artış ile DY-1 (12.058 mm) uygulamasında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %82.43 artış ile AzL+DY-2 (17.521 mm) uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 1). Kontrol grubu (9.604 mm) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer %82,43 artış ile AzL+DY-2 (17.521 mm) iken en düşük değer ise %1.50 azalma ile DY-3 (9.46 mm) belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Uygulamaların kök parametreleri üzerine etkileri.

Uygulamalar	Kök Yaş Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)	Kök Uzunluğu (cm)
Kontrol	1.291±0.27 BC	0.081±0.01 AB	21.101±7.18 AB
AzL-1	1.500±0.25 B	0.065±0.02 CD	17.333±1.43 AB
AzL-2	2.064±0.29 A	0.086±0.01 A	22.200±4.79 A
AzL-3	1.492±0.35 B	0.069±0.01 BC	21.133±9.55 AB
DY-1	1.514±0.26 B	0.073±0.02 A-C	19.533±4.94 AB
DY-2	1.112±0.16 C	0.053±0.01 DE	17.311±4.32 AB
DY-3	0.817±0.16 D	0.043±0.01 E	15.367±3.54 B
AzL+DY-1	1.137±0.48 C	0.061±0.02 CD	19.633±4.37 AB
AzL+DY-2	1.316±0.34 BC	0.074±0.01 A-C	19.033±5.49 AB
AzL+DY-3	1.268±0.20 BC	0.059±0.01 CD	17.378±4.95 AB
P Değeri	0.0000	0.0000	0.2059

\*Aynı sütunda farklı harfi alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ).

\*Değerler (ortalama ± standart sapma) olarak verilmiştir.

### 3.6. Kök yaş ağırlığı

Farklı uygulamaların kabak bitkisi kök yaş ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı ve kontrol bitkilerine kıyasla AzL-2 uygulamasındaki artış ile DY-3 uygulamasındaki azalışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %59.88 artış ile AzL-2 (2.064 g) uygulaması, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %17.27 artış ile DY-1 (1.514 g) uygulaması, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %1.94 artış ile AzL+DY-2 (1.316 g) grubu almıştır. Kontrol grubu (1.291 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer %59.88 artış ile AzL-2 (2.064 g) iken en düşük değer ise %36.72 azalış ile DY-3 (0.817 g) saptanmıştır.

### 3.7. Kök kuru ağırlığı

Farklı uygulamaların kabak bitkisi kök kuru ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı ve kontrol bitkilerine kıyasla AzL-1, DY-2, DY-3, AzL+DY-1, AzL+DY-3 uygulamalarının istatistiksel olarak anlamlı bir azalış gösterdiği tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %6.17 artış ile AzL-2 (0.086 g) uygulamasında, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %9.88 azalış ile DY-1 (0.073 g) uygulamasında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %8.64 azalış ile AzL+DY-2 (0.074 g) grubunda tespit edilmiştir. Kontrol grubu (0.081 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer % 6.17 artış ile AzL-2 (0.086 g) iken en düşük değer ise %46.91 azalış ile DY-3 (0.043 g) uygulamasında belirlenmiştir.

### 3.8. Kök uzunluğu

Farklı uygulamaların kabak bitkisi kök uzunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı saptanmıştır ( $p > 0.05$ ). AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %5.21 artış ile AzL-2 (22.2 cm) uygulaması, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %7.58 azalış ile DY-1 (19.5 cm) uygulaması, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %7.11 azalış ile AzL+DY-1 (19.6 cm) grubunda tespit edilmiştir. Kontrol grubu (21.1 cm) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer %5.21 artış ile AzL-2 (22.2 cm) iken en düşük değer ise %27.4 azalış ile DY-3 (15.3 cm) belirlenmiştir.

### Çizelge 3. Uygulamaların yaprak parametrelerine etkisi.

Uygulamalar	Yaprak Sayısı (Adet)	Yaprak Yaş Ağırlığı (g)	Yaprak Kuru Ağırlığı (g)
Kontrol	3.000±0.00 C	1.254±0.18 E	0.176±0.05 DE
AzL-1	3.000±0.00 C	1.171±0.18 E	0.148±0.04 E
AzL-2	3.000±0.00 C	1.409±0.18 DE	0.190±0.04 C-E
AzL-3	3.000±0.00 C	1.178±0.25 E	0.166±0.04 E
DY-1	3.444±0.53 AB	2.466±0.43 A-C	0.298±0.09 A
DY-2	3.000±0.00 C	2.184±0.32 C	0.243±0.04 A-C
DY-3	3.667±0.50 A	2.669±0.54 A	0.281±0.07 AB
AzL+DY-1	3.333±0.50 A-C	1.651±0.38 D	0.228±0.07 B-D
AzL+DY-2	3.222±0.44 BC	2.223±0.44 BC	0.286±0.05 AB
AzL+DY-3	3.444±0.53 AB	2.552±0.48 AB	0.291±0.07 A
P Değeri	0.0001	0.0000	0.0000

\*Aynı sütunda farklı harfi alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ).

\*Değerler (ortalama ± standart sapma) olarak verilmiştir.

### 3.9. Yaprak sayısı

Farklı uygulamaların kabak bitkisi yaprak sayısı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı ve kontrol bitkilerine kıyasla DY-1, DY-3, AzL+DY-3 uygulamalarının istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığı tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). AzL dozları yaprak sayısı üzerinde etkili olmamış, tüm dozlarda kontrol bitkisi ile aynı sonuç elde edilmiştir. DY dozlarında en yüksek değer DY-3 (3.667 adet) uygulamasında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer ise AzL+DY-3 (3.444 adet) uygulamasında saptanmıştır. Kontrol grubu (3 adet) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasında en yüksek değer DY-3 (3.667 adet) uygulamasında tespit edilmiştir. En düşük değer ise kontrol grubu bitkileri ile aynı değeri veren AzL uygulamalarının tamamı olmuştur.

### 3.10. Yaprak yaş ağırlığı

Farklı uygulamaların kabak bitkisi yaprak yaş ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı ve kontrol bitkilerine kıyasla DY-1, DY-2 DY-3, AzL+DY-1, AzL+DY-2, AzL+DY-3 uygulamalarının istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığı tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %12.36 artış ile AzL-2 (1.409 g) uygulamasında, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %112.84 artış ile DY-3 (2.669 g) uygulamasında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %103.51 artış ile AzL+DY-3 (2.552 g) uygulamasında saptanmıştır. Kontrol grubu (1.254 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer %112.84 artış ile DY-3 (2.669 g) iken en düşük değer ise %6.62 azalış ile AzL-1 (1.171 g) belirlenmiştir.

### 3.11. Yaprak kuru ağırlığı

Farklı uygulamaların kabak bitkisi yaprak kuru ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı ve kontrol bitkilerine kıyasla DY-1, DY-2 DY-3, AzL+DY-2, AzL+DY-3 uygulamalarının istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığı tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %7.95 artış ile AzL-2 (0.190 g) uygulamasında, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %69.3 artış ile DY-1 (0.298 g) uygulamasında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %65.3 artış ile AzL+DY-3 (0.291 g) uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol grubu (0.176 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer %69.32 artış ile DY-1 (0.298 g) iken en düşük değer ise %15.91 azalış ile AzL-1 (0.148 g) uygulamasında belirlenmiştir.

### Çizelge 4. Uygulamaların toplam yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı parametrelerine etkisi.

Uygulamalar	Toplam Yeşil Aksam Yaş Ağırlığı (g)	Toplam Yeşil Aksam Kuru Ağırlığı (g)
<b>Kontrol</b>	1.957±0.43 E	0.231±0.06 E
<b>AzL-1</b>	1.884±0.25 DE	0.211±0.06 C-E
<b>AzL-2</b>	2.243±0.22 E	0.268±0.06 DE
<b>AzL-3</b>	1.9±0.36 A	0.237±0.06 AB
<b>DY-1</b>	3.579±0.70 BC	0.383±0.11 B-D
<b>DY-2</b>	3.054±0.37 AB	0.309±0.05 A-C
<b>DY-3</b>	3.498±0.66 CD	0.342±0.08 B-D
<b>AzL+DY-1</b>	2.606±0.61 AB	0.315±0.10 A
<b>AzL+DY-2</b>	3.136±0.49 AB	0.418±0.18 A-C
<b>AzL+DY-3</b>	3.432±0.50 E	0.358±0.07 DE
<b>P Değeri</b>	0.0000	0.0000

\*Aynı sütunda farklı harfi alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ).

\*Değerler (ortalama ± standart sapma) olarak verilmiştir.

### 3.12. Toplam yeşil aksam yaş ağırlığı

Farklı uygulamaların kabak bitkisi toplam yeşil aksam yaş ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı ve kontrol bitkilerine kıyasla AzL-3, DY-1, DY-2 DY-3, AzL+DY-1, AzL+DY-2 uygulamalarının istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığı tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %14.61 artış ile AzL-2 (2.243 g) uygulamasında, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %82.88 artış ile DY-1 (3.579 g) uygulamasında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %75.37 artış ile AzL+DY-3 (3.432 g) uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol grubu (1.957 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer %82.88 artış ile DY-1 (3.579 g) iken en düşük değer ise %3.73 azalış ile AzL-1 (1.884 g) uygulamasında belirlenmiştir.

### 3.13. Toplam yeşil aksam kuru ağırlığı

Farklı uygulamaların kabak bitkisi toplam yeşil aksam kuru ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı ve kontrol bitkilerine kıyasla AzL-3, DY-1, DY-2 DY-3, AzL+DY-1, AzL+DY-2 uygulamalarının istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığı tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %16.02 artış ile AzL-2 (0.268 g) uygulamasında, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %65.80 artış ile DY-1 (0.383 g) uygulamasında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla %80.95 artış ile AzL+DY-2 (0.418 g) uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol grubu (0.231 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer %78.26 artış ile AzL+DY-2 (0.418 g) iken en düşük değer ise %8.66 azalış ile AzL-1 (0.211 g) uygulamasında belirlenmiştir.



#### 4. Tartışma ve Sonuç

*Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özütünün tek başına ve kombinasyon halinde üç farklı dozda uygulanmasının kabak fidelerinin büyüme, kök gelişimi ve biyokütle üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Kök uzunluğu ve gövde kuru ağırlığı parametreleri hariç diğer parametrelerde kontrol grubuna kıyasla anlamlı artışlar gözlenmiş, özellikle kombinasyon uygulamalarında bu artışların daha belirgin olduğu tespit edilmiştir.



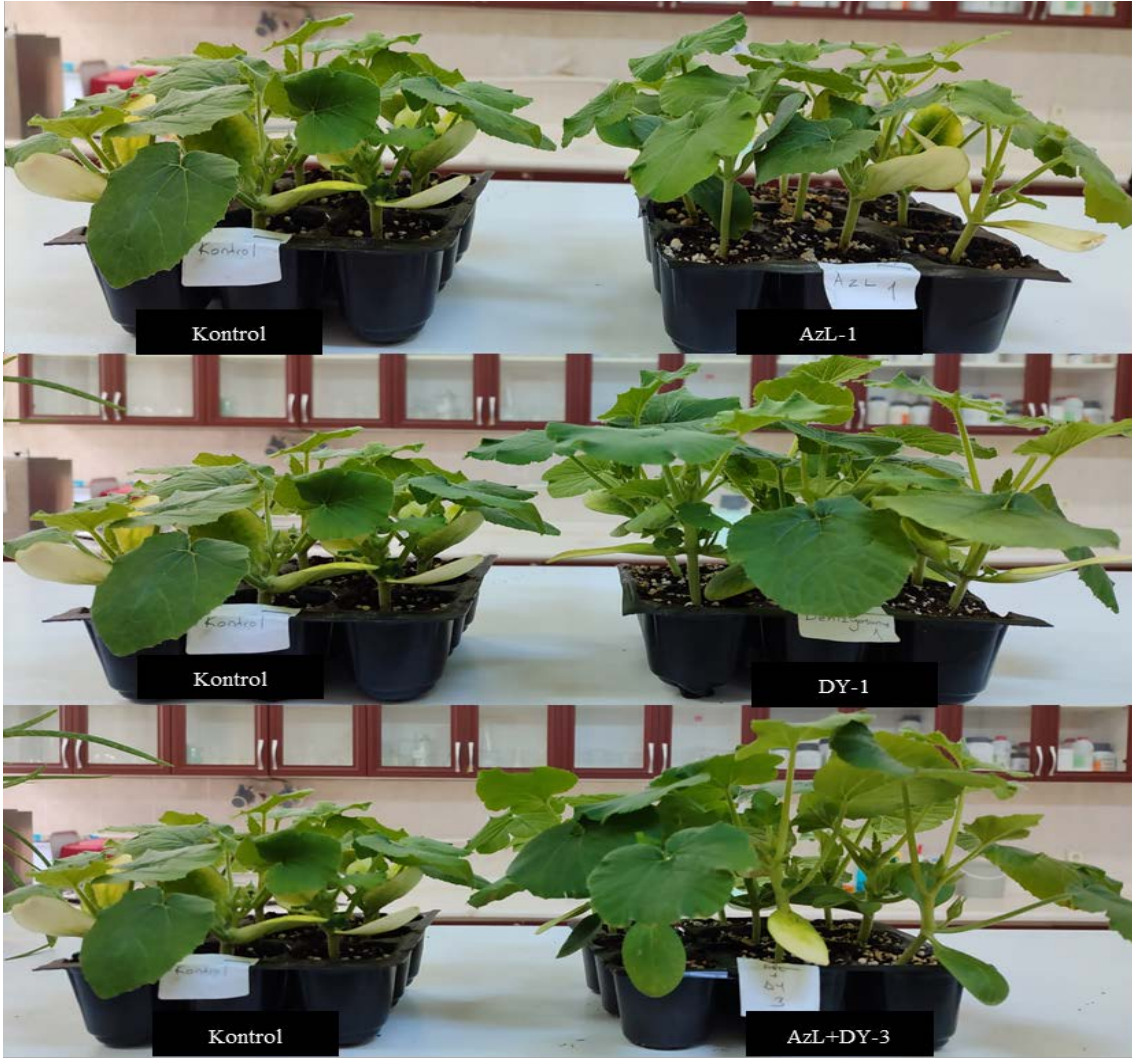
**Şekil 1.** Uygulama dozu (doz-1,doz-2,doz-3) hasat öncesi görseli.

Çalışmamızda *Azospirillum* uygulamalarının gövde boyu, gövde çapı ve boğum arası mesafe gibi önemli morfolojik parametrelerde anlamlı iyileşmelere neden olduğu tespit edilmiştir. Özellikle AzL-2 (2,5 ml/L) uygulaması, gövde boyu ve boğum arası mesafede en yüksek değerleri sağlarken, AzL-3 uygulamasının gövde çapında belirgin bir artış sağladığı gözlenmiştir (Çizelge 1). Bu bulgular, literatürde *Azospirillum*'un büyüme düzenleyici hormonlar [indol asetik asit (IAA), gibberellin ve sitokinin] sentezleyerek hücre bölünmesini

ve uzamasını teşvik ettiğini bildiren çalışmalarla (Molina ve ark., 2018; Rozier ve ark., 2019; Cassán ve ark., 2020) ve azot fiksasyonu yoluyla rizosferde kök beslenmesini iyileştirerek bitki gelişimini desteklediğini ifade eden araştırmalarla (Rozier ve ark., 2019; Salazar-Garcia ve ark., 2022; Jehani ve ark., 2023) örtüşmektedir. Öte yandan, AzL-3'ün yüksek dozlarında boğum arası mesafede gözlemlenen azalmanın, hormonal dengesizliklerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu durum, yüksek dozların oksin üretimini aşırı derecede uyararak kök uzamasını sınırlama potansiyeline sahip olabileceğini göstermektedir (Kumlay ve Eryiğit, 2011). Deniz yosunu özütü uygulamalarında, DY-1 (1,25 ml/L) dozu, gövde boyu, gövde çapı ve boğum arası mesafe gibi büyüme parametrelerinde diğer dozlara kıyasla üstün sonuçlar göstermiştir (Çizelge 1). Deniz yosununun doğal hormonlar ve iz elementler açısından zengin olduğu ve bitki metabolizmasını hızlandırabileceği literatürde belirtilmektedir (Gougoulas ve ark., 2018; Nephali ve ark., 2020). Bu bağlamda, çalışmamızda gözlemlenen gövde çapındaki artış ve yaprak gelişimi, deniz yosunu özütünün bu özellikleriyle ilişkili olabilir. DY-3 dozunda, gövde boyu ve boğum arası mesafede azalma gözlenmiştir. Bu durum, yüksek dozların bitkide metabolik stres oluşturarak büyümeyi sınırlayabileceğini düşündürmektedir. Benzer şekilde, Subramaniyan ve ark. (2023) çalışmasında, deniz yosunu özü içeren Kendal Root biyostimülantının farklı dozlarının kök gelişimine etkileri incelenmiş ve en iyi sonuçların 5.0 L ha<sup>-1</sup> dozunda elde edildiği rapor edilmiştir. Bu dozda kök kuru ağırlığı, kontrol grubuna göre %84,73 oranında artış göstermiştir. Ancak, 10.0 L ha<sup>-1</sup> dozunda kök gelişimindeki etkilerin azaldığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar, bu durumu yüksek dozların bitki metabolizmasında doygunluk etkisi yaratması ve metabolik dengesizliklere yol açmasıyla ilişkilendirmiştir. Ayrıca, yüksek dozların köklerde metabolik stres oluşturarak su ve besin alımını sınırlayabileceği ve bu durumun büyüme üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği belirtilmiştir.

Kök gelişimi açısından, kök uzunluğu, yaş ve kuru ağırlık parametrelerinde en yüksek değerler *Azospirillum* uygulamalarında AzL-2 dozunda, deniz yosunu özütü uygulamalarında ise DY-1 dozunda elde edilmiştir. Literatürde, *Azospirillum*'un oksin üretimi yoluyla ve rizosferde mikrobiyal popülasyonu artırarak kök hücre bölünmesini teşvik ettiği belirtilmiştir (Rozier ve ark., 2019; Salazar-Garcia ve ark., 2022; Jehani ve ark., 2023). Çalışmamızda elde edilen kök gelişimindeki artış, *Azospirillum*'un bu mekanizmaları ile ilişkilendirilebilir ve kök hücre bölünmesini destekleyerek büyüme parametrelerini iyileştirdiği düşünülebilir. Deniz yosununun zengin hormon ve mineral içeriğinin, kök metabolizmasını destekleyerek kök uzamasını ve ağırlığını artırdığı düşünülmektedir. Zhang ve ark. (2024) çalışmasında, deniz yosununun bu içeriklerinin bitki kök gelişimini olumlu

yönde etkilediği ifade edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen kök uzaması ve ağırlığındaki artış da bu mekanizmalara bağlanabilir. Kombinasyon uygulamalarında AzL+DY-2 (2,5 ml/L) dozu kök ağırlıklarında maksimum değerlere ulaşmış, bu durum iki biyostimülantın tamamlayıcı etkileriyle ilişkilendirilmiştir. Fakat Mendez ve ark. (2023) çalışmasında, *Azospirillum brasilense* ile deniz yosunu özütlerinin (*Ascophyllum nodosum* ve *Macrocystis pyrifera*) kombinasyonunun hıyar bitkilerinde gövde çapı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Söz konusu çalışmada, bu iki biyostimülantın kombinasyon halinde uygulanmasının gövde çapı üzerinde olumlu bir etki sağladığı, ancak bu etkinin biyostimülantların tek başına uygulanmasından üstün olmadığı ifade edilmiştir. Özellikle yüksek konsantrasyonlarda (örneğin, 2500 ppm) kombinasyon uygulamasının, gövde çapı açısından beklenen sinerjik etkiyi göstermediği rapor edilmiştir. Bu bulgu, *Azospirillum* ve deniz yosunu özütünün birlikte uygulanmasının, vegetatif büyüme parametreleri açısından her zaman daha iyi sonuçlar vermeyebileceğini ortaya koymaktadır. Buna karşın, bizim gerçekleştirdiğimiz çalışmada, *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özütlerinin kombinasyon uygulamaları tüm parametrelerde etkili sonuçlar sağlamıştır. Bir diğer önemli parametrelerden toplam yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları, tüm uygulamalarda kontrol grubuna kıyasla anlamlı artışlar gözlenmiştir. AzL-2 ve DY-1 dozları, bu parametrelerde tek başına uygulamalarda en yüksek değerleri verirken, kombinasyon uygulamalarında AzL+DY-3 (5 ml/L) dozu tüm gruplar arasında toplam yeşil aksam kuru ağırlıklarında en yüksek sonucu sağlamıştır. Bu sonuçlar, *Azospirillum*'un azot fiksasyonu ve fitohormon üretiminin, deniz yosununun ise büyüme düzenleyici etkilerinin sinerjik bir şekilde etki ettiğini göstermektedir. Kombinasyonların yüksek dozlarda bile büyüme desteklemesi, bu iki biyostimülantın birlikte kullanımının etkili bir strateji olabileceğini düşündürmektedir.



**Şekil 2.** Uygulama dozu (doz-1, doz-2, doz-3) hasat öncesi görseli.

Çalışmada elde edilen bulgular, literatürde rapor edilen *Azospirillum* ve deniz yosunu özütlerinin büyüme ve biyokütle üzerindeki olumlu etkileriyle uyumludur. Senthuran ve ark. (2019), *Kappaphycus alvarezii* deniz yosunu özütünün (SWE) yaprak sayısı ve yaş ağırlığını artırdığını, bu etkinin doğal büyüme düzenleyicilerden kaynaklandığını bildirmiştir. Ejaz ve ark. (2020) ise *Azospirillum* uygulamasının azot sabitleme, fitohormon üretimi ve fotosentezi destekleyerek yaprak sayısı ile yaş ve kuru ağırlığı artırdığını rapor etmiştir. Latef ve ark. (2020) ve Pérez-Rodríguez ve ark. (2020), *Azospirillum* türlerinin bitki büyümesi üzerindeki olumlu etkilerini vurgulamıştır. Her iki çalışmada da *Azospirillum*'un azot sabitleme, fitohormon üretimi (örneğin indol-3-asetik asit, gibberellin, absisik asit) ve kök gelişimini destekleme mekanizmalarıyla bitkilerin büyüme ve gelişiminde iyileşme sağladığı belirtilmiştir. Bu mekanizmaların, yaprak alanı, yaş ve kuru ağırlık gibi parametrelerin yanı sıra su ve besin alımını artırarak, özellikle stres koşullarında bitki performansını artırdığı ifade edilmiştir. Hassan ve ark. (2021) ile Günsan Can ve ark. (2022)

tarafından yapılan çalışmalarda, biyolojik kaynaklı uygulamaların bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki spesifik etkileri değerlendirilmiştir. Deniz yosunu özütünün hıyar bitkisinde yaprak sayısını artırdığı ve klorofil içeriğini iyileştirdiği; mikroalg uygulamalarının ise ıspanak bitkisinde gövde çapını %25.68 oranında artırdığı rapor edilmiştir. Bu etkilerin, deniz yosunu özütünün yaprak gelişimini desteklemesi ve klorofil sentezini artırması, mikroalglerin ise metabolik aktiviteleri destekleyerek besin alımını iyileştirmesi ve hücre bölünmesini teşvik etmesi gibi mekanizmalardan kaynaklandığı belirtilmiştir. Sabatino ve ark. (2022), Mendez ve ark. (2023) ve Lefi ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmalarda, deniz yosunu özütlerinin bitki büyümesi ve fizyolojik parametreler üzerindeki olumlu etkileri incelenmiştir. Tüm çalışmalarda, deniz yosunu özütlerinin içerdiği fitohormonlar (özellikle oksin ve sitokinin) ve biyoaktif bileşiklerin yaprak büyümesi, klorofil içeriği, fotosentez ve vejetatif gelişim parametrelerini iyileştirdiği vurgulanmıştır. Sabatino ve ark. (2022), *Ascophyllum nodosum* özütünün yaprak klorofil seviyelerini artırarak fotosentezi ve yaprak yüzey alanını iyileştirdiğini rapor etmişlerdir. Mendez ve ark. (2023), aynı türün yanı sıra *Macrocystis pyrifera* özütlerinin hıyar bitkilerinde gövde çapı gibi vejetatif büyüme parametrelerini artırdığını ve bu etkinin deniz yosunu özütlerindeki fitohormonlar ile ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Lefi ve ark. (2023), *Ascophyllum nodosum* özütünün farklı konsantrasyonlarının yaprak parametreleri üzerindeki etkilerini değerlendirmiş; düşük konsantrasyonun stomatal iletkenlik ve CO<sub>2</sub> asimilasyonunu artırarak yaprak büyümesini desteklediğini, yüksek konsantrasyonun ise klorofil içeriği, net fotosentez oranı ve transpirasyon oranını artırarak bitki büyümesini güçlendirdiğini bildirmiştir. El-Akhdar ve ark. (2024) ile Pappalettere ve ark. (2024a, 2024b), *Azospirillum* bakterisinin toprak özellikleri, kök gelişimi ve bitki dayanıklılığı üzerindeki olumlu etkilerini incelemiştir. Her üç çalışma, *Azospirillum*'un kök büyümesini teşvik ederek bitki besin alım kapasitesini artırdığını ve çevresel streslere dayanıklılığı güçlendirdiğini vurgulamaktadır. El-Akhdar ve ark. (2024), *Azospirillum*'un topraktaki organik madde seviyesi ile azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) içeriklerini artırarak, buğday bitkilerinde daha güçlü ve geniş bir kök sistemi oluşturduğunu rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada, bu iyileşmenin, bitkilerin kuraklık ve tuzluluk gibi stres koşullarına karşı dayanıklılığını artırdığı belirtilmiştir. Pappalettere ve ark. (2024a, 2024b) ise *Azospirillum baldaniorum* Sp245 ve *A. brasilense* Cd türlerinin, ürettikleri indol-3-asetik asit gibi fitohormonlar sayesinde domates fidelerinde kök uzunluğunu ve kök tüyü oluşumunu artırdığını bildirmişlerdir. Bu mekanizmaların kök mimarisini iyileştirerek, su ve besin alım

kapasitesini güçlendirdiği ve IAA'nın hücre bölünmesi ile uzaması üzerinde önemli bir rol oynadığı ifade edilmiştir.

Sonuç olarak, *Azospirillum* ve deniz yosunu özütünün tek başına ve kombinasyon halinde kullanımı, kabak fidelerinde büyüme, kök gelişimi ve biyokütle parametrelerini iyileştirmiştir. Fide yetiştiriciliğinde optimum büyüme ve gelişim sağlamak için AzL+DY-2 (2,5 ml/L) dozu önerilmektedir. Bu çalışma, mikrobiyal biyostimülantların ve doğal ürünlerin kombinasyonunun sürdürülebilir tarım için potansiyel bir çözüm sunduğunu göstermektedir. İlerleyen çalışmalarda, bu uygulamaların farklı bitki türleri ve çevresel stres koşulları üzerindeki etkilerinin incelenmesi, bu alandaki bilgi birikimini daha da genişletebilir.

## Kaynaklar

- Aoudi, Y., Agake, S. I., Habibi, S., Stacey, G., Yasuda, M., & Ohkama-Ohtsu, N. (2024). Effect of bacterial extracellular polymeric substances from enterobacter spp. on rice growth under abiotic stress and transcriptomic analysis. *Microorganisms*, 12(6), 1212.
- Aremu, A. O., Makhaye, G., Tesfay, S. Z., Gerrano, A. S., Du Plooy, C. P., & Amoo, S. O. (2022). Influence of commercial seaweed extract and microbial biostimulant on growth, yield, phytochemical content, and nutritional quality of five *Abelmoschus esculentus* genotypes. *Agronomy*, 12(2), 428.
- Bhat, M. A., Mishra, A. K., Jan, S., Bhat, M. A., Kamal, M. A., Rahman, S., ... & Jan, A. T. (2023). Plant growth promoting rhizobacteria in plant health: a perspective study of the underground interaction. *Plants*, 12(3), 629.
- Cassán, F., Coniglio, A., López, G., Molina, R., Nieves, S., de Carlan, C. L. N., ... & Mora, V. (2020). Everything you must know about *Azospirillum* and its impact on agriculture and beyond. *Biology and Fertility of Soils*, 56, 461-479.
- Cervantes-Vázquez, T. J. Á., Valenzuela-García, A. A., Cervantes-Vázquez, M. G., Guzmán-Silos, T. L., Fortiz, E. L., Rangel, P. P., & Rueda-Puente, E. O. (2021). Morphophysiological, enzymatic, and elemental activity in greenhouse tomato saladette seedlings from the effect of plant growth-promoting rhizobacteria. *Agronomy*, 11(5), 1008.
- Chieb, M., & Gachomo, E. W. (2023). The role of plant growth promoting rhizobacteria in plant drought stress responses. *BMC plant biology*, 23(1), 407.
- Delitte, M., Caulier, S., Bragard, C., & Desoignies, N. (2021). Plant microbiota beyond farming practices: a review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 624203.

- Demir, K., Başak, H., Çakırer, G., & Başkent, A., (2020). *Fidecilik sektörünün mevcut durumu ve gelecek öngörülere*. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-2, 13-17 Ocak, Ankara, 429-432.
- El-Akhdar, I., Shabana, M. M., El-Khateeb, N. M., Elhawat, N., & Alshaal, T. (2024). Sustainable wheat cultivation in sandy soils: impact of organic and biofertilizer use on soil health and crop yield. *Plants*, 13(22), 3156.
- Ejaz, S., Batool, S., Anjum, M. A., Naz, S., Qayyum, M. F., Naqqash, T., ... & Ali, S. (2020). Effects of inoculation of root-assocative *Azospirillum* and *Agrobacterium* strains on growth, yield and quality of pea (*Pisum sativum* L.) grown under different nitrogen and phosphorus regimes. *Scientia Horticulturae*, 270, 109401.
- Garcia-Villaraco, A., Ramos Solano, B., Gutierrez-Mañero, F. J., & Lucas, J. A. (2024). Deciphering the structural and functional diversity of rhizobacteria from stone pine inoculated with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) before and after transplanted into degraded agricultural soil. *Soil Systems*, 8(2), 39.
- Gougoulis, N., Papapolymerou, G., Karayannis, V., Spiliotis, X., & Chouliaras, N. (2018). Effects of manure enriched with algae *Chlorella vulgaris* on soil chemical properties. *Soil & Water Research*, 13(1).
- Günsan Can B, Yıldız M, & Şensoy S, (2022). Mikroalg Kullanımının Ispanakta Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(4), 1884 - 1895.
- Hassan, S. M., Ashour, M., Sakai, N., Zhang, L., Hassanien, H. A., Gaber, A., & Ammar, G. (2021). Impact of seaweed liquid extract biostimulant on growth, yield, and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus*). *Agriculture*, 11(4), 320.
- Jehani, M. D., Singh, S., Archana, T. S., Kumar, D., & Kumar, G. (2023). *Azospirillum*—a free-living nitrogen-fixing bacterium. In *Rhizobiome* (pp. 285-308). Academic Press.
- Kibar, B. (2020). Mikrobiyal gübre uygulamasının marul ve beyaz baş lahanada çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), 389-398.
- Kumlay, A. M., & Eryiğit, T. (2011). Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyici maddeler: bitki hormonları. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(2), 47-56.
- Latef, A., Alhmad, M., Kordrostami, M., Abo-baker, A., & Zakir, A. (2020). Inoculation with *Azospirillum lipoferum* or *Azotobacter chroococcum* reinforces maize growth by improving physiological activities under saline conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39, 1293 – 1306

- Lee, S. K., Lur, H. S., & Liu, C. T. (2021). From lab to farm: Elucidating the beneficial roles of photosynthetic bacteria in sustainable agriculture. *Microorganisms*, 9(12), 2453.
- Lefi, E., Badri, M., Hamed, S. B., Talbi, S., Mnafigui, W., Ludidi, N., & Chaieb, M. (2023). Influence of brown seaweed (*Ecklonia maxima*) extract on the morpho-physiological parameters of melon, cucumber, and tomato plants. *Agronomy*, 13(11), 2745.
- Masson-Boivin, C., & Sachs, J. L. (2018). Symbiotic nitrogen fixation by rhizobia—the roots of a success story. *Current Opinion in Plant Biology*, 44, 7-15.
- Mendez, A., Martinez, S., Aida, L. E. A. L., Hernandez, A., García, J., & Sanchez, M. (2023). Synergism of microorganisms and seaweed extract on vegetative growth, yield and quality of cucumber fruit. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(3), 12888-12888.
- Miceli, A., Moncada, A., & Vetrano, F. (2021). Use of microbial biostimulants to increase the salinity tolerance of vegetable transplants. *Agronomy*, 11(6), 1143.
- Molina, R., Rivera, D., Mora, V., López, G., Rosas, S., Spaepen, S., ... & Cassán, F. (2018). Regulation of IAA biosynthesis in *Azospirillum brasilense* under environmental stress conditions. *Current microbiology*, 75, 1408-1418.
- Namara, W., Opio, F., & Nkuuhe, D. (2024). Farmer's knowledge on utilization of chemical fertilizers as soil fertility enhancement option in ruhumuro sub-county, bushenyi district. *World Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(3), 90-101.
- Nephali, L., Piater, L. A., Dubery, I. A., Patterson, V., Huyser, J., Burgess, K., & Tugizimana, F. (2020). Biostimulants for plant growth and mitigation of abiotic stresses: A metabolomics perspective. *Metabolites*, 10(12), 505.
- Pappalettere, L., Bartolini, S., & Toffanin, A. (2024a). Auxin-producing bacteria used as microbial biostimulants improve the growth of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedlings in hydroponic systems. *BioTech*, 13(3), 32.
- Pappalettere, L., Bartolini, S., & Toffanin, A. (2024b). Enhancement of tomato seed germination and growth parameters through seed priming with auxin-producing plant growth promoting bacteria strains. *Seeds*, 3(3), 479-492.
- Pérez-Rodríguez, M. M., Pontin, M., Lipinski, V., Bottini, R., Piccoli, P., & Cohen, A. C. (2020). *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense* increase yield and fruit quality of tomato under field conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20, 1614-1624.



- Rozier, C., Gerin, F., Czarnes, S., & Legendre, L. (2019). Biopriming of maize germination by the plant growth-promoting rhizobacterium *Azospirillum lipoferum* CRT1. *Journal of plant physiology*, 237, 111-119.
- Sabatino, L., Consentino, B. B., Ntatsi, G., La Bella, S., Baldassano, S., & Roupael, Y. (2022). Stand-alone or combinatorial effects of grafting and microbial and non-microbial derived compounds on vigour, yield and nutritive and functional quality of greenhouse eggplant. *Plants*, 11(9), 1175.
- Salazar-Garcia, G., Balaguera-Lopez, H.E., Hernandez, J.P., (2022). Effect of plant growth-promoting bacteria *Azospirillum brasilense* on the physiology of radish (*Raphanus sativus* L.) under waterlogging stress, *Agronomy*, 12(3), 726.
- Senthuran, S., Balasooriya, B. L. W. K., Arasakesary, S. J., & Gnanavelrajah, N. (2019). Effect of seaweed extract (*Kappaphycus alvarezii*) on the growth, yield and nutrient uptake of leafy vegetable *Amaranthus polygamous*. *Tropical Agricultural Research*, 30(3), 81–88.
- Shahwar, D., Mushtaq, Z., Mushtaq, H., Alqarawi, A. A., Park, Y., Alshahrani, T. S., & Faizan, S. (2023). Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: A review. *Heliyon*, 9(6), e16134.
- Sharma, V., Saurabh, A., Sujan, Thakur, A., & Sharma, A. (2022). Technological innovations in nursery management. In *GRISAAS – An Edited Book* (Vol. 2, pp. 109–114). Meerut, U.P., India: Astha Foundation. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/368543034\\_GRISAAS\\_an\\_Edited\\_Book-2023#page=114](https://www.researchgate.net/publication/368543034_GRISAAS_an_Edited_Book-2023#page=114)
- South, K. A., Nordstedt, N. P., & Jones, M. L. (2021). Identification of plant growth promoting rhizobacteria that improve the performance of greenhouse-grown petunias under low fertility conditions. *Plants*, 10(7), 1410.
- Subramaniam, L., Veerasamy, R., Prabhakaran, J., Selvaraj, A., Algarswamy, S., Karuppasami, K. M., ... & Nalliappan, S. (2023). Biostimulation effects of seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) on phytomorfo-physiological, yield, and quality traits of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Horticulturae*, 9(3), 348.
- Şa, Z., Tütüncü, A. Ç., Demirkaya, S., & Özer, H. (2023). Organik ve konvansiyonel fide yetiştiriciliğinin domates fidelerinin kalitesi üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 38(3), 555-564.

- Şensoy, S. (2024). The role of biostimulants in enhancing yield, quality, and stress tolerance in sustainable vegetable production. *Innovations in Sustainable Agriculture and Aquatic Sciences* (pp.73-98), Ankara: Akademisyen Kitabevi.
- Türkiye Tohumcular Birliği (TÜRKTÖB), (2024). *2024 sektör raporu*. TÜRKTÖB. [https://www.turktob.org.tr/fs\\_/SEKT%C3%96R\\_RAPORU/2024\\_SEKTOR\\_RAPORU\\_TURKTÖB.pdf](https://www.turktob.org.tr/fs_/SEKT%C3%96R_RAPORU/2024_SEKTOR_RAPORU_TURKTÖB.pdf)
- Tüzel, Y., Öztekin, G.B., & Durdu, T., (2021). *Organik fide yetiştiriciliği*. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Enstitü Yayın No: 108, Yalova.
- Yaghoubi Khangahi, M., Strafella, S., Filannino, P., Minervini, F., & Crecchio, C. (2024). Importance of lactic acid bacteria as an emerging group of plant growth-promoting rhizobacteria in sustainable agroecosystems. *Applied Sciences*, *14*(5), 1798.
- Zhang, Q., Masabni, J., & Niu, G. (2024). Microbial biostimulants and seaweed extract synergistically influence seedling growth and morphology of three onion cultivars. *Horticulturae*, *10*(8), 800.

## Çanakkale Kara Menderes Irmağı Çevresindeki Leyleğin (*Ciconia ciconia* L, 1758) Üreme Biyolojisi\*

### Reproductive Biology of White Stork (*Ciconia ciconia* L, 1758) in the Region Kara Menderes River in Çanakkale

 Mert UZUNOĞLU<sup>1</sup>,  Akif KETEN<sup>1</sup>

#### Özet

Bu çalışmanın amacı, Çanakkale Kazdağları yamaçlarında Leylek (*Ciconia ciconia*) popülasyonunun üreme başarısını belirlemektir. Türkiye için yaz göçmeni olan Leylek, aynı zamanda Türkiye'deki uygun habitatlarda üreme faaliyetini de gerçekleştirmektedir. Leyleğin üreme biyolojisi ile ilgili sınırlı çalışma bulunmaktadır. Çalışmada Çanakkale ili Bayramiç ilçesindeki yaklaşık 10 000 ha'lık alandaki 15 yuva gözlenmiş, yuvalardan nicel ve nitel veriler toplanmıştır. 23.03.2021 ile 14.08.2021 tarihleri arasında sürdürülen çalışmada 12 yuvada toplam 49 adet yumurtadan 38 yavru çıkmış ve bunların 22 tanesi yuvadan başarılı şekilde uçmuştur. Çalışma alanı için leyleğin üreme başarısı %45 olarak belirlenmiştir. Bu oran leyleklerin neslinin alanda devam etmesi anlamında yeterli oranda üreyebildiğini göstermektedir. Çalışmamızda Leylek'in üreme biyolojisinin ortaya konulduğu gibi farklı yerlerde de leylekle ilgili üreme biyolojisi çalışmalarının yapılmasının faydalı olacağını düşünmekteyiz.

**Anahtar Kelimeler:** Leylek, Yumurta, Kuluçka, Yuvadan uçuş.

#### Abstract

The aim of this study was to determine the reproductive success of the stork (*Ciconia ciconia*) population on the slopes of Çanakkale Kazdağları. The species, which is a summer migrant in Türkiye, also performs breeding activities. There are limited studies on breeding biology. A total of 15 nests in an area of 110 km<sup>2</sup> in Bayramiç district of Çanakkale province were observed and quantitative and qualitative data were collected. In the study conducted between 23.03.2021 and 14.08.2021, 38 chicks hatched from a total of 49 eggs in 12 nests and 22 of them successfully flew out of the nest. The reproductive success of White Storks for Çanakkale was determined as 45%. It has been observed that the White Storks can reproduce at a sufficient rate for the species. It would be useful to conduct reproductive biology studies of the species in different areas

**Keywords:** White stork, Egg, Hatching, Flew.

Geliş Tarihi: 24.07.2023, Düzeltme Tarihi: 21.11.2024, Kabul Tarihi: 23.12.2024

Adres: <sup>1</sup> Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi, Düzce

E-mail: akifketen@duzce.edu.tr

\*Bu çalışma, Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Çanakkale Bayramiç İlçesi Kara Menderes Irmağı Yakın Çevresindeki Leylek (*Ciconia ciconia* (L, 1758)) Kolonisinin Üreme Biyolojisi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

## 1. Giriş

Kuşlar, dünyadaki hemen hemen her ekosistemde buldukları, çok çeşitli gıda kaynaklarından yararlanmakta ve yıllık yaşam döngüleri boyunca çok farklı ortamlar arasında göç etmektedirler (Both ve ark., 2006). Göç eden türlerden bazıları Türkiye’de üremektedir. Kuşların kuluçka sayısı, çoğunlukla kuş türlerinin üreme stratejileri ve çevresel faktörler tarafından belirlenir. Kuluçka sayısı, bir dişi kuşun üreme sezonunda yaptığı yuva sayısını ve bu yuvalara bıraktığı yumurta sayısını ifade eder ve türler arasında büyük ölçüde değişebilir (Surmacki ve Podkowa, 2022). Yüksek kuluçka sayısı, daha fazla yavru üretme potansiyeli sunar ve türe, popülasyonunu artırma şansı verir.

İç sel fizyolojik koşulların da etkisiyle oluşan emriyo gelişimini tamamladıktan sonra civcivlerin bir kısmı yumurtadan çıkar. Bir batında çıkan yumurtaların oranındaki değişimin çoğu, bölgedeki besin varlığının yanı sıra ebeveynlerin civciv yetiştirme davranışına bağlıdır (Tryjanowski ve ark., 2004). Yumurtadan çıkan yavruların oranı, bir kuşun yavrularını başarıyla kuluçkadan çıkarma ve hayatta tutma yeteneğini ifade eder. Bu oran, birçok faktör tarafından etkilenebilir ve kuş popülasyonları için önemli bir üreme başarısı göstergesidir. Yumurtadan çıkan yavruların oranını etkileyen faktörler arasında yuvanın korunması, ebeveynlerin kuluçka sürecindeki davranışları, doğal avcılar ve hava koşulları gibi çevresel etmenler bulunur. Ayrıca, yuvadaki yumurtaların doğru şekilde ısıtılması önemli faktörler arasındadır (Mueller ve ark., 2019).

Üreme başarısı habitattaki besin miktarının sürekliliğiyle artmaktadır. Üreme için gerekli enerji miktarı, organizmanın genel enerji kaynaklarının bir bölümünü üreme faaliyetlerine yönlendirmesini gerektirir. Bu, besin alımı ve metabolik hız gibi faktörlerle ilişkilidir. Besin kaynaklarının bolluğu, iklim koşulları ve yaşam alanı kalitesi gibi çevresel faktörler organizmanın üreme enerjisi miktarını etkileyen faktörler arasında yer alır. Ayrıca, organizmanın fizyolojik ve genetik özellikleri de üreme enerjisi miktarını etkileyebilir (Sokolova ve ark., 2012).

Leylekler (*Ciconia* spp.), genellikle Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika gibi bölgelerde yaşayan büyük kuşlar olup, Mart veya Nisan aylarında Türkiye’nin de bulunduğu kuzey ülkelerine doğru üreme göçüne başlarlar. Erkek ve dişi leylekler, genellikle bir önceki yılın yuvasını kullanarak veya yeni bir yuva inşa ederek üreme hazırlıklarına başlar. Yuva genellikle ağaçlarda, binaların üzerinde veya özel olarak yapılan yuva direklerinde yer alır. Kuluçka süresince dişi leylek, yumurtaları sıcak tutmak için yuvadan ayrılmazken, erkek birey besin temininden sorumludur. Yavrular, kuluçka süresinin sonunda yumurtadan

çıktıklarında anne bakımına muhtaçtır. Leylekler genellikle sosyal kuşlar olup bir koloni içinde yaşar. Bu kolonilerde, birçok leylek yuvası bir araya gelir ve çiftleşme, yuva inşası ve yavruların büyütülmesi gibi faaliyetler toplu olarak gerçekleşir. Leyleklerin üreme davranışı ve stratejileri, kuşların doğal yaşam ortamlarına ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebilir.

Çiftler kuluçkadan 30 gün önce yuvada çiftleşmeye başlar ve bu süre boyunca 100'den fazla çiftleşme meydana gelir (Tortosa ve Redondo, 1992). Bir leylek çifti yılda bir kez yavru yetiştirir. İlk yumurtadan sonra dişi kuluçkaya yatar. Yavrular 33-34 gün sonra yumurtadan çıkmaya başlar (Zielinski, 2002). Yumurtadan ilk çıkan yavru diğerlerine göre daha avantajlıdır. Güçlü yavrular zayıflara karşı saldırgan olmasa da besin kıtlığı gibi sebeplerle ebeveynler küçük ve zayıf yavruları yuvadan atabilirler. Besinin bol olduğu zamanlarda ebeveynler besini yuvaya kustuklarından dolayı yavrular arasında besin rekabeti olmaz. Yavru sayısı ebeveynler tarafından kontrol edilmektedir (Zielinski, 2002). Yaklaşık 8 ile 10 haftalık bir dönem boyunca ebeveynler yavrularını avlanma becerileri ve av bulma yöntemleri konusunda eğitir. Yavrular bu süreçte uçuş becerilerini de geliştirir ve uçarak bağımsızlaşır.

Bu çalışmanın amacı, Çanakkale Kazdağları yamaçlarında Leylek (*Ciconia ciconia*) popülasyonunun üreme başarısını belirlemektir. Çalışmada leyleğin üreme başarısıyla ilgili veriler toplanmış, yuva özellikleri ile davranışları gözlemlenmiş ve çevresel faktörlerin bu süreçlere etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarının, Leylek popülasyonlarının korunması ve yönetiminde temel veriler ortaya koyacağını ve leyleklerin doğal yaşam alanlarının korunmasına da katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

## **2. Materyal ve Yöntem**

### **2.1. Materyal**

#### **2.1.1. Çalışma Alanı**

Çalışma alanı, Çanakkale'nin Bayramiç ilçesinde yer alan Kara Menderes Çayı güzergâhıdır. Alan yaklaşık 110 km<sup>2</sup> büyüklüğündedir ve çalışmada 62 km'lik yol güzergâhı boyunca düzenli aralıklarla Leylek ve yuva gözlemleri yapılmıştır. Çalışma alanında yuva dağılımları Şekil 1'de sunulmuştur.



**Şekil 1.** Kara Menderes Irmağı çevresindeki çalışmaya konu edilen leyleklere ait yuvaların dağılımı.

## 2.2. Yöntem

Çalışmada yuvaların yerleri tespit edilmiş ve yer konumlama (GPS) cihazları ile koordinatları alınmıştır. Yuvaların kurulduğu yerler (Direk, baca, duvar vb.) not edilmiş, zeminden yükseklikleri ölçülmüştür. Yuvalar öncelikli olarak dürbünlerle gözlenmiş, yuva aktivitesi tespiti yapılmıştır. Aktif olan yuvaların etkinliği zeminden yüksek olduğu için günümüzde yaygın olarak kullanılan Uçangöz (Dron) ile tespit edilmiştir. Gözlem süresi ortalama 40-45 saniye civarında olup, bireyleri rahatsız etmemek için mümkün olduğunca kısa tutulmaya çalışılmıştır. Çalışma, ortalama 15'er gün arayla tekrar edilmiştir. Gözlem süresi günlük olmadığı için kuluçka süreleri ile ilgili veri alınmamıştır. Kuluçka süreleri için literatürden yararlanılmıştır. Bazı durumlarda da verilerin elde edilme süresince ebeveynlerin savunmacı davranışları yavruların gözlemlenmesini engellemiştir. Bu sebeple sadece net olarak gözlemlenen yumurta ve yavrular kayıt edilmiştir. Kayıtlarda yavruların gelişimi ve yuvadan ayrılma zamanları da not edilmiştir. Elde edilen bilgilere göre her yuvanın aktif olup olmadığı aşağıdaki iş akış şemasına göre değerlendirilmiştir (Şekil 2).



**Şekil 2.** Çalışma için oluşturulan iş akış şeması.

### 3. Bulgular

Yuvaların kurulduğu alanların denizden yüksekliği 50-160 m arasındadır. Yuvalar yerleşim yerleri ya da yerleşim yerlerinin yakınlıklarına kurulmuştur. Çalışma alanında toplam 15 Leylek yuvası tespit edilmiştir. 2021 yılındaki çalışma takvimimizde 3 yuvada aktivite görülmemiş ve toplam 12 yuvada çiftler üreme faaliyeti gerçekleştirmiştir. Yuvaların yerden yüksekliği 8 -10 m aralığındadır. (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Kara Menderes Irmağı çevresindeki Leylek yuvalarının konuşlandığı yerler ve zeminden yüksekliği.

	Adet	%	Yerden yükseklik (m)
TEDAŞ beton direk	4	33	8
TEDAŞ a tipi kafes	4	33	8
Mesken üzeri	2	17	10
TEDAŞ a tipi kafessiz	1	8	8
TEDAŞ ağaç direk	1	8	8
Toplam	12	100	

Ahmetçeli ve Türkmenli yöresinde 23 Mart 2021 tarihinde 2 yuvada çiftler gözlemlenmiş, böylelikle ilk yuva aktivitesi kaydedilmiştir. Türkmenli 2, Bayramiç 2 ve Balıklı yuvalarında kuluçka faaliyeti görülmemiştir. Aktif yuvaların tamamında üreme aktivitesi 17 Nisan 2021 tarihinde tespit edilmiştir. Kuluçka faaliyeti olan 12 yuvada toplam 49 yumurta, yuva başına  $4,08 \pm 0,64$  birey (Max: 5; min: 3) tespit edilmiştir. Bu yumurtalardan toplam 38 birey çıkmıştır. Yumurtadan çıkan yavruların yuva başına ortalaması  $3,17 \pm 1,21$  bireydir (Max: 4; min: 0). Üreme dönemi sonunda başarılı şekilde yuvadan 22 birey uçmuştur. Bunun da aktif yuva başına ortalaması  $1,83 \pm 1,21$  bireydir (Max: 3; min: 0). Pınarbaşı yuva yeri haricindeki tüm aktif yuvalardan yavru çıkışı olmuştur. Toplam yavru çıkış oranı %78'dir. Toplam üreme faaliyeti gerçekleşen 12 yuvanın 9'nda üreme başarılı olmuş, diğer 3 yuvada ise başarısız olmuştur. Üreme faaliyeti gerçekleşen tüm yuvaların  $\frac{3}{4}$ 'ünde ise yavru uçuşu başarıyla gerçekleşmiştir. Toplam yumurta sayısına göre yavru bakımından sonra bağımsızlığını sağlıklı şekilde kazanan yani yuvadan uçuşma başarısı gösteren bireylerin oranı ise %45'tir (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Kara Menderes Irmağı çevresindeki Leylek yuvalarındaki yumurta sayıları, kuluçkadan çıkan ve yuvadan uçan yavruların sayısal değerleri.

Yuva yeri	Yumurta Sayısı (Adet)	Çıkan Yavru Sayısı (Adet)	Yuvadan Uçan Yavru Sayısı (Adet)	Yavruların Uçuş Başarı Oranı (%)	Üreme Başarısı (%)
Pıtırelî	4	3	2	67	50
Pazarköy	4	4	3	75	75
Ahmetçeli	5	4	2	50	40
Saçaklı	4	4	3	75	75
Türkmenli 1	4	4	3	75	75
Pınarbaşı	4	0			0
Kutluoba	4	4	3	75	75
Güllüce	4	4	3	75	75
Çavuşköy	5	4	1	25	20
Bayramiç 1	3	2	2	100	67
Bayramiç 3	3	3	0	0	0
Ağaçköy	5	2	0	0	0
Bayramiç 2	Aktif değil				
Balıklı	Aktif değil				
Türkmenli 2	Aktif değil				
Toplam	49	38	22	58	45
Aktif Yuvaların Ortalaması ve Standart sapması	$4,08 \pm 0,64$	$3,17 \pm 1,21$	$1,83 \pm 1,21$		



#### 4. Tartışma ve Sonuç

Çanakkale iline bağlı Bayramiç ilçesi Kara Menderes ırmağı yakın çevresinde leylekler (*Ciconia ciconia*) için üreme zamanı 23 Mart 2021 tarihinde başlamış ve 14 Ağustos 2021 tarihine kadar devam etmiştir. Toplam üreme dönemi yaklaşık 150 gün sürmüştür. Göcek'in (2006)'da Kızılcahamam'da yaptığı çalışmaya göre 2005 yılı için ilk yuva kurulumu 18 Mart ve üreme dönemi 100 gündür. Buna göre Kara Menderes'te leylekler için üreme sezonu uzun olarak kabul edilebilir. Üreme döneminin uzunluğu, türün o yılki göç biyolojisi ile yakın ilişkilidir. Tecrübeli ebeveynlerin ilk kez üremeye başlayanlara göre daha erken göç ettiği bilinmektedir (Barbraud ve Barbraud 1999; Vergara ve ark., 2007). Çalışma alanındaki ilk kuluçka faaliyeti üreme tecrübesi olan çiftler tarafından başlatıldığı söylenebilir. Üreme dönemine erken başlayan bireylerin üreme başarısı hem besine ulaşma sürelerinin uzun olması hem de daha iyi alanlara yuvalanması nedeniyle daha fazla olmaktadır (Vergara ve ark., 2007). Ancak bazı kaynaklara göre erken üreme dönemlerinde uygun besin bulamama gibi durumların, leyleklerdeki üreme başarısını düşürdüğü yönünde tam tersine bulgular da söz konusudur (Bêty ve ark., 2004). Tortosa ve ark. (2003)'a göre ise yumurtlama tarihi geciktikçe kuluçka başarısının azalmaktadır. Özetle besine ulaşabilmenin kuluçka ve yavru bakım başarısını olumlu etkilediği söylenebilir (Hiom ve ark., 1991; Svensson ve Nilsson, 1995).

Alanda gözlenen 15 Leylek yuvasından 12'si (%80) 2021 yılında aktif olarak leylekler tarafından kullanılmış ve yuvadan uçuş başarıları 1,83 (%45) adet olarak tespit edilmiştir. Kızılcahamam'da yuva verimliliğinin 5 yıllık ortalaması 2,57 (Göcek ve ark., 2010) olduğu, Polonya'da bırakılan ortalama 4,30 yumurtadan 3,87'sinin kuluçkadan çıktığı ve bunların ortalama 2,31'inin de başarılı şekilde yuvadan uçtuğu (Tobolka ve ark., 2015) bildirilmiştir. Tüm bu verilere göre 2021 yılı için Bayramiç Kara Menderes çayı yakın çevresindeki leyleklerin üreme başarısı nispeten düşüktür.

Dişi leyleklerin 2 yaşından sonra üreme olgunluğuna ulaştığı ve 20 yaşına kadar üreyebildiği bilinmektedir (Vergara ve ark., 2007). Kara Menderes ve çevresi için bir dişinin 1,83 birey üretebildiğini ve sağlıklı bir şekilde ortalama 15-18 yıl ürediğini kabul edersek bu süre içinde yaklaşık 28-32 yavru verebilecektir. Üreme başarısı ilk yıllarda düşükken kuluçka tecrübesi ile birlikte artmaktadır (Nevoux ve ark., 2008; Baos ve ark., 2012). Kuluçka konusunda deneyimli ebeveynler gelecekte hayatta kalma oranı yüksek bireyleri

yetiştirip yuvadan uçurmaktadır. Zayıf, güçsüz veya hastalıklı yavruların yuvadan atılması tecrübeli leyleklerin üreme başarısını arttırdığını açıklayabilir.

Ankara’da leyleklere ait yuvaların yarısı elektrik iletim direklerinin üstüne yapılmışken diğer yarısı da konutların üstüne yapılmıştır. İzmir’de ise türe ait yuvaların neredeyse tamamı (%93) elektrik iletim direklerinin üstüne kurulmuştur (Göcek ve ark., 2010). Bizim bulgularımızda %83’ü direklerin üzerinde %17’sinin de meskenlerin çatılarında olduğu gözlenmiştir. Tüm bu bulgular değerlendirildiğinde leyleklerin genel olarak yuvalarını yerden yüksekte yaptığını, yuva yapımının leyleklerin üremek için geldiği alandaki yapılarla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

Leyleklerin üreme başarısı ve devamlılığı için uygun yuva alanlarının korunması faydalı olacaktır. Yuvaların tekrarlı kullanılmasından dolayı bireyler kuluçka amacıyla yeniden yuva inşa etmek zorunda kalmayıp enerjisini üreme ve yavru bakımı için harçayabilir. Leyleklerde yavru ölümleri, türün popülasyonunu kontrol etmede içgüdüsel bir doğal süreç olarak kabul edilmektedir. Ebeveynler yeterli besine ulaşamadıkları takdirde yuvadaki yavru sayısını azaltmakta ve geride kalan yavrulara böylelikle daha iyi bakım ve şartlar oluşturmaktadır. Leyleklerin yaşam alanlarındaki su kaynaklarının korunması, çamur alanların ve meraların devamlılığının sağlanması gibi çeşitli iyileştirme çalışmalarının yapılmasıyla türe ait yuva başarısı artırılarak tür için olumlu katkılar yapılabilir.

## **Kaynaklar**

- Baos, R., Jovani, R., Serrano, D., Tella, J. L., & Hiraldo, F. (2012). Developmental exposure to a toxic spill compromises long-term reproductive performance in a wild, long-lived bird: the white stork (*Ciconia ciconia*). *PLoS One*, 7(4), e34716.
- Barbraud, C. & Barbraud, J. C. (1999). Is there age assortativemating in the European white stork? *Waterbirds*, 22, 478-481.
- Bêty, J., Giroux, J. F., & Gauthier, G. (2004). Individual variation in timing of migration: causes and reproductive consequences in greater snow geese (*Anser caerulescens atlanticus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 57, 1-8.
- Both, C., Bouwhuis, S., Lessells, C. M. & Visser, M. E. (2006). Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature*, 441(7089), 81-83.
- Göcek, Ç. (2006). ‘Breeding Success and Reproductive Behavior in a White Stork (*Ciconia ciconia*) Colony in Ankara’. Yüksek Lisans Tezi, Middle East Technical University, Ankara.

- Göcek, Ç., Çiftçi, A., Sıkı, M., & Tryjanowski, P. (2010). Breeding ecology of the White Stork *Ciconia ciconia* in two localities of Turkey. *Sandgrouse*, 32(2), 156-162.
- Hiom, L., Bolton, M., Monaghan, P., & Worrall, D. (1991). Experimental evidence for food limitation on egg production in gulls. *Ornis. Scand.* 22, 94-97.
- Mueller, A. J., Miller, K. D., & Bowers, E. K. (2019). Nest microclimate during incubation affects posthatching development and parental care in wild birds. *Scientific Reports*, 9(1), 1-11.
- Nevoux, M., Barbraud, J. C., & Barbraud, C. (2008). Nonlinear impact of climate on survival in a migratory white stork population. *Journal of Animal Ecology*, 77(6), 1143-1152.
- Sokolova, I. M., Frederich, M., Bagwe, R., Lannig, G., & Sukhotin, A. A. (2012). Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates. *Marine Environmental Research*, 79, 1-15.
- Surmacki, A., & Podkowa, P. (2022). An extreme type of brood overlapping in wild-living birds. *The European Zoological Journal*, 89(1), 527-534.
- Svensson, E. & Nilsson, A. (1995). Food supply, territory quality, and reproductive timing in the blue tit (*Parus major*). *Ecology* 76, 1804-1812
- Tobolka, M., Zolnierowicz, K. M., & Reeve, N. F. (2015). The effect of extreme weather events on breeding parameters of the White Stork (*Ciconia ciconia*). *Bird Study*, 62(3), 377-385.
- Tortosa, F. S., Perez, L. & Hillstrom, A. (2003). Effect of food abundance on laying date and clutch size in the white stork (*Ciconia ciconia*). *Bird Study*, 50, 112-115
- Tortosa, F. S., & Redondo, T. (1992). Motives for parental infanticide in White Storks *Ciconia ciconia*. *Ornis Scandinavica*, 185-189.
- Tryjanowski, P., Sparks, T. H., Ptaszyk, J., & Kosicki, J. (2004). Do white storks *Ciconia ciconia* always profit from an early return to their breeding grounds?. *Bird Study*, 51(3), 222-227.
- Vergara, P., I. Aguirre, J., & Fernández-Cruz, M. (2007). Arrival date, age and breeding success in white stork *Ciconia ciconia*. *Journal of Avian Biology*, 38(5), 573-579.
- Zieliński, P. (2002). Brood reduction and parental infanticide—are the White Stork *Ciconia ciconia* and the Black Stork *C. nigra* exceptional?. *Acta Ornithologica*, 37(2), 113-119.

## Determination of Climatic Changes in Düzce Province Using Three Different Climate Classification Methods

### Düzce İli İklim Değişikliğinin Üç Farklı İklim Sınıflandırma Yöntemi Kullanılarak Belirlenmesi

 Eren BAŞ<sup>1</sup>,  Şahin PALTA<sup>2</sup>

#### Abstract

Aim of this study is to determine the climate characteristics of Düzce province referring to different climate classification systems. The study was carried out in Düzce province. Climate characteristics and climatic changes were analyzed by using De Martonne, Köppen, and Thornthwaite classification methods. The study utilized 60 years of precipitation and temperature data recorded by the General Directorate of Meteorology. Data analyses were conducted within five-year intervals. According to the results, the average annual temperature of Düzce province has been on the rise since 1994, and the average precipitation data for the last 10 years exceeded the 60-year average. In the simple linear regression analysis, it was determined that there was an increase in both average temperature and annual average total precipitation values. According to De Martonne climate classification, the province lies within the semi-humid climate class. Examining the data of the last 10 years, it was determined to be within the C<sub>fak</sub> (Hot summer, cool winters, subtropical humid climate) climate class according to the Köppen-Trewartha climate classification and within the B<sub>1r</sub>B<sub>2</sub>'b<sub>4</sub>' (Humid, second-degree mesothermal region with almost no water deficit, and under the influence of oceanic climate) climate class according to the Thornthwaite climate classification. For Düzce province, both the change in climate types according to Köppen-Trewartha and Thornthwaite classifications and the changes in temperature and precipitation data in recent years may indicate climate change.

**Keywords:** Climate classification, Düzce province, De Martonne, Köppen-Trewartha, Thornthwaite

#### Özet

Bu çalışmada, farklı iklim sınıflandırma sistemlerine göre Düzce ilinin iklim özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma Düzce ilinde gerçekleştirilmiştir. De Martonne, Köppen ve Thornthwaite yöntemleri kullanılarak iklim özellikleri ve iklimsel değişimler analiz edilmiştir. Çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından kaydedilen 60 yıllık yağış ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Veri analizleri beşer yıllık aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre, Düzce ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 1994 yılından itibaren artış göstermiş ve son 10 yılın ortalama yağış verileri 60 yıllık ortalamanın üzerine çıkmıştır. Yapılan basit doğrusal regresyon analizine göre hem ortalama sıcaklık hem de yıllık ortalama toplam yağış değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir. De Martonne iklim sınıflandırmasına göre il genel olarak yarı nemli iklim sınıfına girmektedir. Son 10 yıllık veriler incelendiğinde, Köppen-Trewartha iklim sınıflandırmasına göre, C<sub>fak</sub> (yazları sıcak, kışları serin, subtropikal nemli iklim) iklim sınıfı içerisinde, Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre ise B<sub>1r</sub>B<sub>2</sub>'b<sub>4</sub>' (nemli, 2. derece mezotermal, su açığı olmayan, okyanusal iklim etkisine yakın koşullar) iklim sınıfı içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Düzce ili için hem Köppen-Trewartha ve Thornthwaite sınıflandırmalarına göre iklim tiplerindeki değişim, hem de son yıllardaki sıcaklık ve yağış verilerindeki değişimler iklim değişikliğine işaret ediyor olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** İklim sınıflandırması, Düzce ili, De Martonne, Köppen-Trewartha, Thornthwaite



## 1. Introduction

Düzce Province is located within the Western Black Sea Region of Turkey. The province of Düzce, which has significant water resources, consists of %49.9 forest and woodland, %30.3 agricultural land, %0.8 pasture and meadow areas, and %19 non-agricultural areas (Anonymous, 2018). Additionally, the rivers flowing down the mountains around Düzce Province constitute important water resources such as the Great Melen River, Little Melen Stream, Uğur Stream, Asar stream, and Aksu Stream. The streams converging at the Efteni Lake location constitute the tributaries of the Büyük Melen River. The Büyük Melen River is located within the watershed of the Büyük Melen Project, which transports potable water to İstanbul city (Anonymous, 2023). In such areas, where such important ecosystems exist, it is necessary to establish climatic classifications to ensure sustainability. Additionally, determining climate types is crucial for establishing a foundation for various scientific studies (Rolim et al., 2007).

Climate is defined as a meteorological event that characterises the variations in and average values of the atmosphere in a given region or area over a period of time, with the result that ecosystems are significantly influenced (Özyuvacı, 1999; Jylhä et al., 2010; Türkeş, 2000; Türkeş, 2010). Additionally, climate affects agricultural activities, human life, and regional geography (Erol, 1999; Dourado et al., 2013; Dursun and Yazıcı, 2022). For this reason, the climatic characteristics of an area play a crucial role in the formation and management of all natural resources within that area.

Climate classifications are methods used to determine regional and seasonal types of climates (De Castro et al., 2007; Jacobeit, 2010; Bieniek et al., 2012; Gallardo et al., 2013). In the past decades, there have been different climate classification systems proposed by climate scientists such as De Martonne (1926), Köppen and Geiger (1928), Thornthwaite (1948), Flohn (1950), Holdridge (1967), Camargo (1991). The most widely used climate classification systems among those are the Köppen and Thornthwaite methods (Spinoni et al., 2014). Climate classification methods are widely used in climate change (Mahlstein et al., 2013), climate modeling (Jylhä et al., 2014; Aparecido et al., 2016) studies, and issues such as watershed management (Şensoy and Ateşoğlu, 2018). Moreover, such climate classification methods provide a scientific basis for multi-disciplinary studies to be carried out in the regions.

In the De Martonne index, the degree of drought of in a region is determined by referring to the monthly distribution of precipitation and temperature (De Martonne, 1926;

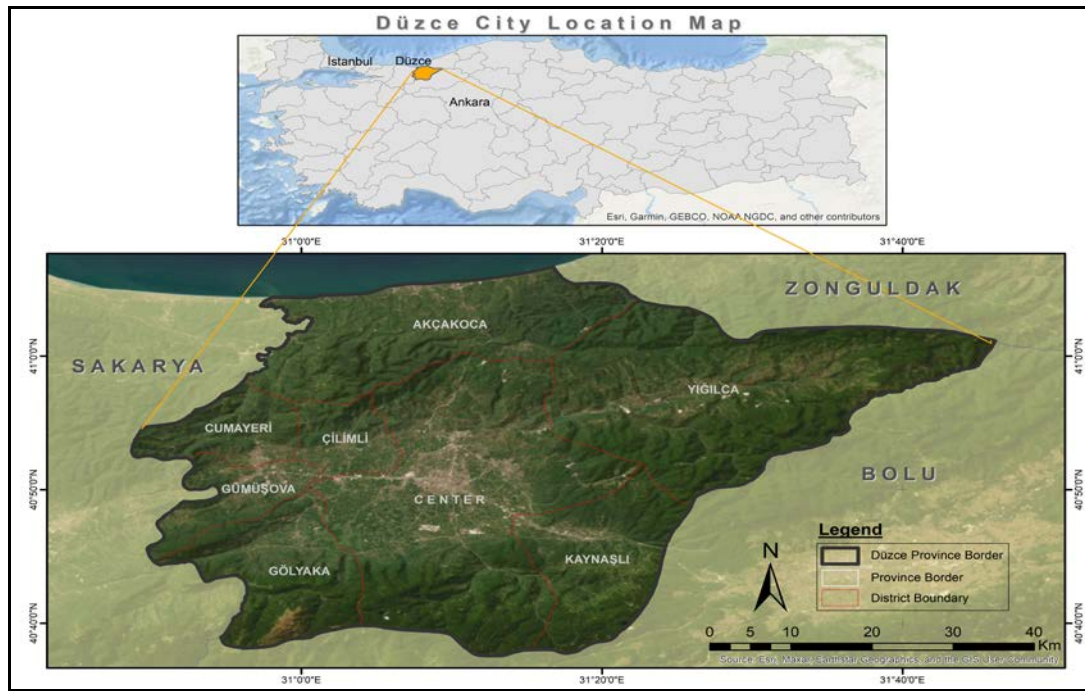
Dursun and Babalık, 2021). Köppen climate classification method is a common method used by most countries around the world (De Castro et al., 2007; Peel et al., 2007; Kim et al., 2008; Alvares et al., 2014; Rolim and Aparecido, 2016; Aparecido et al., 2016; Dursun and Yazıcı, 2022). The Thornthwaite classification system is more complex than the Köppen system (Ács et al., 2015). However, it is a method that should be used to determine the water balance, and budget, as well as potential evaporation, in regions with specific climatic characteristics (Elguindi et al., 2014). It is seen that Thornthwaite method is generally used in some hydrology studies (MGM, 2016; Yılmaz and Çiçek, 2016; Şensoy and Ateşoğlu, 2018; Dursun and Yazıcı, 2022). The method defines the climate type as arid or humid depending on the water requirements of plants (Feddema et al., 2005; Rolim and Aparecido, 2016). In a study conducted by Rolim et al. (2007) in the state of São Paulo, Brazil, they stated that Köppen classification is effective at the macro scale, while Thornthwaite classification is effective at the meso scale, and at the same time, Thornthwaite method is more appropriate for climate issues of agricultural areas.

The province of Düzce, located in the Western Black Sea Region of Turkey, stands out with its water resources and diverse land cover. However, in recent years, flooding and inundation events have adversely affected settlements and fertile lands. In the occurrence of floods and inundations, factors such as drainage, basin shape, and topography, along with short and long-term effects of climate are also present (Ward et al., 2008; Dawson et al., 2009; Şensoy and Ateşoğlu, 2018). For this reason, in this study, the objective is to evaluate the short and long-term climate data in the provincial centre of Düzce and to classify the climate according to the De Martonne, Köppen and Thornthwaite methods.

## **2. Material and Method**

### **2.1. Study area**

The study area is the province of Düzce, located in the Western Black Sea Region of Turkey (Figure 1). The study utilized 60 years of precipitation and temperature data recorded by the General Directorate of Meteorology. The meteorological station in Düzce province is located between 40° 50' N and 31° 08' E. The obtained 60-year data have been analyzed within five-year intervals (1964-1968, 1969-1973, 1974-1978, 1979-1983, 1984-1988, 1989-1993, 1994-1998, 1999-2003, 2004-2008, 2009-2013, 2014-2018, 2019-2023). In addition, the last 30 years of data from the center of Düzce province were also included in the evaluation.



**Figure 1.** Location of the study area in Turkey.

The research determined whether there is a change in the climate classification of the center of Düzce province according to De Martonne, Köppen and Thorntwaite climate classification methods. In addition, changes over the years in average annual temperature, total annual rainfall, mean temperature during the summer season, and total rainfall during the summer season have been examined. A simple linear regression analysis was used for the evaluation of these data.

## 2.2. De Martonne index

In the De Martonne Index, the climatic characteristics of an area are determined through annual average temperature and total annual rainfall data (De Martonne, 1926). De Martonne made some modifications to the annual index formula with Gottman in 1942 (De Martonne, 1942). As a result of these additions, the De Martonne-Gottman index was obtained (Equation 1).

$$IDMG = \frac{1}{2} \left( \frac{P}{T + 10} \right) + \frac{12 \times Pd}{Td \times 10} \quad (1)$$

IDMG: De Martonne – Gottman Index, P: Total Annual Rainfall (mm), T: Average annual air temperature (°C), Pd: The amount of rainfall in the driest month (mm), Td: The average temperature of the driest month (°C)

De Martonne drought index (IDMG) data obtained from the formula are classified according to Table 1.

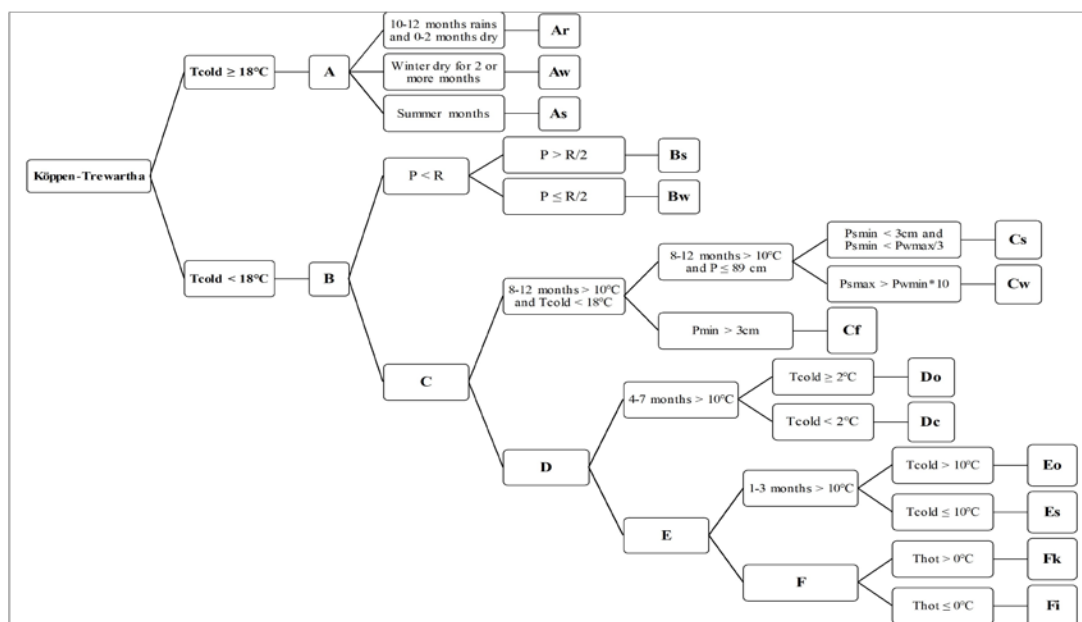


**Table 1.** De Martonne Index Classification.

IDMG	Climate Class
IDMG < 60	Very Humid
30 < IDMG < 60	Humid
20 < IDMG < 30	Semi-humid
10 < IDMG < 20	Semi-arid to Semi-humid
5 < IDMG < 10	Semi-arid
IDMG < 5	Arid

### 2.3. Köppen-Geiger Climate Classification

The Köppen (1900) climate classification system, developed by Köppen (1936) and Geiger (1954), is widely used for classifying climates worldwide (Aparecido et al., 2016). The Köppen climate classification system was later updated by Trewartha (1954), and is referred to as the Köppen-Trewartha climate system. The six main climate groups in the Köppen-Trewartha classification system are each represented by two or three characteristics. The first letter specifies the climate zone based on temperature and rainfall. The second letter is determined by the seasonal distribution of rainfall (Figure 2).



**Figure 2.** The rules of the Köppen-Trewartha climate classification system are organized according to Köppen and Geiger (1928) and Trewartha (1954); Tcold is the average temperature of the coldest month; Thot is the average temperature of the hottest month; T is the average annual temperature; P is total annual rainfall; Ps is summer months (April to September); Pw is winter months (October to March); Pmin is lowest rainfall in summer; Pwmin is lowest rainfall in winter; Pmax is highest rainfall in summer; Pwmax is highest rainfall in winter; Pmin is rainfall in the driest month; R is limit value.

The Köppen-Trewartha climate classification calculates the limit value (R) for the letter B (Equation 2). If the annual total rainfall (P) is less than the threshold value (R), the B climate class is recognized.

$$R = 2.3 \times T - 0.64 \times P_w + 41 \quad (2)$$

R: Limit Value, T: Average annual air temperature (°C), P<sub>w</sub>: Percentage of annual rainfall falling during the winter months

In the Köppen-Trewartha climate classification system, each letter indicates the main climate group. The letters constituting the main climate groups are determined according to Table 2.

**Table 2.** Climate types according to Köppen-Trewartha climate classification system.

Climate Class	Symbol	Description
A	Ar	Tropical, rainforest climate
	Aw	Tropical savanna climate
	As	
B	Bs	Semiarid - Steppe Climate
	Bw	Arid or desert climate
C	Cs	Subtropical dry summer climate, Mediterranean climate
	Cw	Subtropical dry winter climate
	Cf	Subtropical humid climate
D	Do	Temperate Marine Climate
	Dc	Temperate Terrestrial Climate
E	Eo	Sub-Arctic Marineclimate
	Ec	Sub-Arctic Terrestrial climate
F	Ft	Tundra Climate
	Fi	Ice Climate

According to the Köppen-Trewartha climate classification system, the third and fourth letters are classified based on the universal temperature scale. Average temperatures for summer and winter months are considered in this classification (MGM, 2018b) (Table 3).

**Table 3.** Universal temperature scale symbols for Köppen-Trewartha climate classification.

Average monthly temperature (°C)	Symbol	Description
$35^{\circ}\text{C} \leq T$	i	Intensely hot
$28^{\circ}\text{C} \leq T < 35^{\circ}\text{C}$	h	Very hot
$23^{\circ}\text{C} \leq T < 28^{\circ}\text{C}$	a	Hot
$18^{\circ}\text{C} \leq T < 23^{\circ}\text{C}$	b	Warm
$10^{\circ}\text{C} \leq T < 18^{\circ}\text{C}$	l	Mild
$0^{\circ}\text{C} < T < 10^{\circ}\text{C}$	k	Cool
$-10^{\circ}\text{C} < T \leq 0^{\circ}\text{C}$	o	Cold
$-25^{\circ}\text{C} < T \leq -10^{\circ}\text{C}$	c	Very cold
$-40^{\circ}\text{C} < T \leq -25^{\circ}\text{C}$	d	Intensely cold
$T \leq -40^{\circ}\text{C}$	e	Extremely cold

## 2.4. Thornthwaite Climate Classification

The Thornthwaite Climate Classification System is calculated based on the average monthly temperature, total monthly average rainfall, and the latitude of the region (in degrees) for which the climate class is to be determined (Thornthwaite, 1948). The method is commonly viewed as a physical environment where water first reaches the soil and then evaporates back into the atmosphere (Aparecido et al., 2016). In this climate classification, the concept of potential evapotranspiration becomes prominent. The average monthly temperature, the annual temperature index and the latitude correction coefficient are all used to calculate the potential evapotranspiration (Equation 3).

$$PET = 16 \times \left( \frac{10 \times t}{I} \right)^\alpha \times G \quad (3)$$

PET: Potential evapotranspiration

t: Average monthly temperature (°C)

I: Annual air temperature index

G: Latitude correction coefficient

$$\alpha = 6.7510 \times 10^{-7} \times I^3 - 7.7110 \times 10^{-5} \times I^2 + 1.791210 \times 10^{-2} \times I + 0.49239$$

After determining the potential evapotranspiration, the rainfall effectiveness (Im), drought (Ia) and humidity (Ih) indexes are calculated (Equation 4-6). These indexes are calculated based on the annual water surplus (s), annual water deficit (d), and annual potential evapotranspiration (n).

$$I_m = \frac{100s - 60d}{n} \quad (4)$$

$$I_a = \frac{100d}{n} \quad (5)$$

$$I_h = \frac{100s}{n} \quad (6)$$

Symbols are also used in the Thornthwaite climate classification system. In the classification, the first symbol is the rainfall effectiveness index (Table 4), and the second symbol is the temperature effectiveness index, determined based on the annual potential evapotranspiration (Table 5). The third symbol is the drought and humidity indexes determined based on the precipitation regime (Table 6), and the final symbol is the ratio of the potential evapotranspiration (PET) values for the summer month over the annual potential evapotranspiration value index (Table 7).

**Table 4.** Rainfall effectiveness index (Im) (Thornthwaite, 1948).

Im	Symbol	Climate Type
$100 \leq Im$	A	Very humid
$80 \leq Im < 100$	B4	Humid
$60 \leq Im < 80$	B3	
$40 \leq Im < 60$	B2	
$20 \leq Im < 40$	B1	
$0 \leq Im < 20$	C2	Sub-humid
$-20 \leq Im < 0$	C1	Sub-arid to Sub-humid
$-40 \leq Im < -20$	D	Sub-arid
$-60 \leq Im < -40$	E	Arid

**Table 5.** Temperature effectiveness index (Thornthwaite, 1948).

Annual PET (mm)	Symbol	Climate Type
$1141 \leq PE$	A	Megathermal
$998 \leq PE < 1141$	B'4	Mesothermal
$885 \leq PE < 998$	B'3	
$712 \leq PE < 885$	B'2	
$570 \leq PE < 712$	B'1	
$427 \leq PE < 570$	C2	Microthermal
$285 \leq PE < 427$	C1	
$142 \leq PE < 285$	D	Tundra
$PE \leq 142$	E	Perpetual ice

**Table 6.** Thornthwaite (1948) rainfall regime index; WD is water deficiency, WS is water surplus, WD<sub>s</sub> is water deficiency in summer, WD<sub>w</sub> is water deficiency in winter, WS<sub>s</sub> is water surplus in summer, WS<sub>w</sub> is water surplus in winter, Ia is drought index, Ih is humidity index.

Drought Index for Humid Climates (A1, B, and C2)			
Ia	Condition	Symbol	Description
$0 \leq Ia < 16.7$		r	Without or with a minimal WD
$16.7 \leq Ia < 33.3$	$WD_s > WD_w$	s	Moderate summer WD
	$WD_s < WD_w$	w	Moderate winter WD
$33.3 \leq Ia$	$WD_s > WD_w$	s2	Strong summer WD
	$WD_s < WD_w$	w2	Strong winter WD
Moisture Index for Arid Climates (C1, D, and E)			
Ih	Condition	Symbol	Description
$0 \leq Ih < 10$		d	Without or with a minimal WS
$10 \leq Ih < 20$	$WS_s > WS_w$	s	Moderate summer WS
	$WS_s < WS_w$	w	Moderate winter WS
$20 \leq Ih$	$WS_s > WS_w$	s2	Strong summer WS
	$WS_s < WS_w$	w2	Strong winter WS

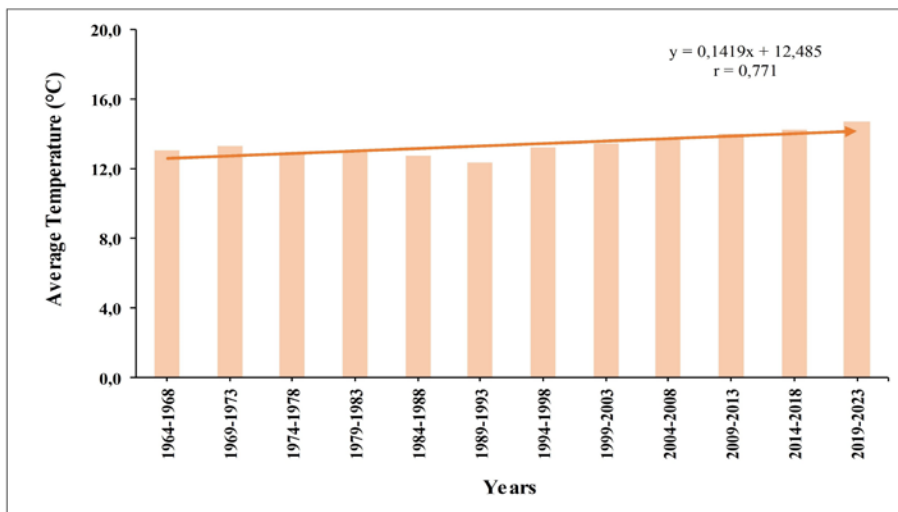
**Table 7.** The index of the ratio between summer PET values and annual PET values.

PET (%)	Symbol	Climate Type
$PET\% < 48$	a'	Full oceanic climate conditions
$48 \leq PET\% < 51.9$	b'4	
$51.9 \leq PET\% < 56.3$	b'3	Conditions close to oceanic climate conditions
$56.3 \leq PET\% < 61.6$	b'2	
$61.6 \leq PET\% < 68$	b'1	
$68 \leq PET\% < 76.3$	c'1	Conditions close to continental climate conditions
$76.3 \leq PET\% < 88$	c'2	
$88 \leq PET\%$	d'	Fully continental climate conditions

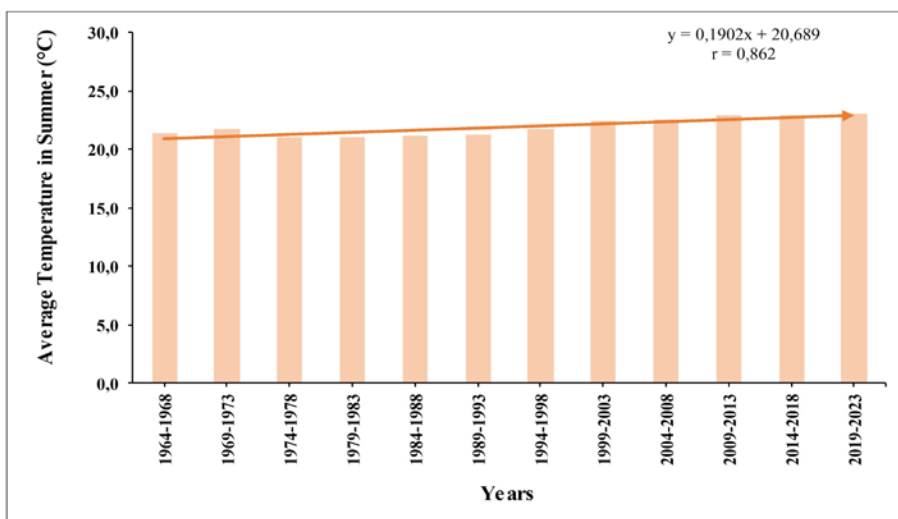
### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Temperature and Rainfall Averages

The average temperature in Düzce was determined to be 13.4 °C for a total of 60 years between 1964 and 2023. When the average temperature change over time is examined for Düzce Province, it is observed that the average temperature has been increasing since the year 1994 (Figure 3). If we check the temperature values during the summer months, the average temperature between 1964 and 2023 is observed to be 21.9 °C (Figure 4). During the time period after 1999, average summer temperatures have been above this value. According to a simple linear regression analysis, it is seen that the average temperature ( $r=0.771$ ) and average summer period temperature ( $r=0.862$ ) values increase over the years (Figure 3-4).



**Figure 3.** Change in the average annual temperature in Düzce province according to years.



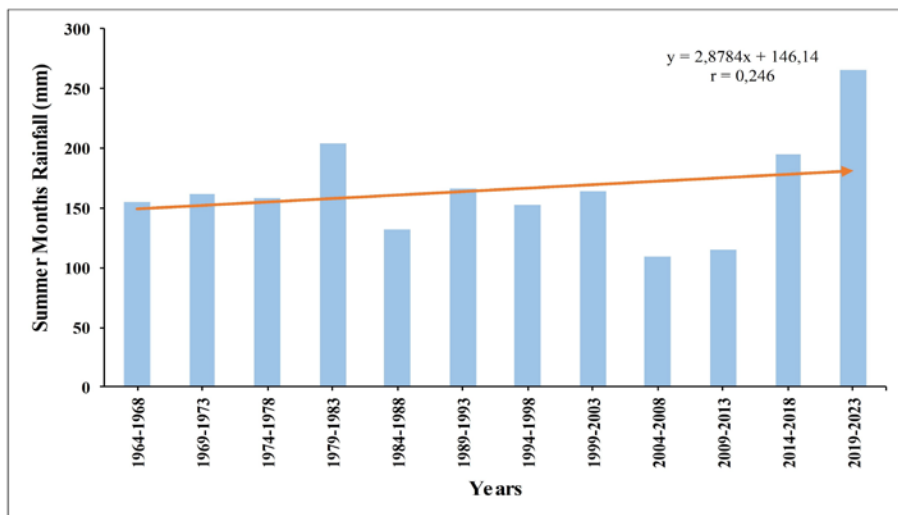
**Figure 4.** Change in the average annual summer temperature in Düzce province according to years.

The average annual temperature, which was 12.4°C between 1989-1993, was observed to be 13.2°C between 1994-1998. According to Hansen et al (2005), it is indicated that the global average temperature has increased by 0.8 °C since the year 1900. According to this information, it can be said that the average temperatures, varying by years, were high for the Düzce Province. Bolat et al. (2018) evaluated the average temperature data between 1980-1999 and 2000-2015 and stated that the average temperature between 2000-2015 was higher than the other periods. In a study conducted by Bolat and Şensoy (2023) for the Bartın, Zonguldak and Düzce Provinces, an increase in temperature was observed between 2012 and 2021. These results are similar to the study conducted. When the change in average temperature values during the summer months are examined over time, it is observed that the average temperature has been increasing since 1984. In another study conducted for Bartın Province, which is close to Düzce Province, between the years 1965-2014, it has been determined that, similarly, the average temperature during the summer months had been continuously increasing since 1980 (Şensoy and Ateşoğlu, 2018).

Between the years 1964-2023, the average annual total rainfall in Düzce Province has been determined as 832.22 mm. When examining the average annual total precipitation change for Düzce Province over time, the average annual precipitation values for the last 10 years were above the average annual precipitation values of the last 60 years. Additionally, when analyzing the average monthly precipitation data for 60 years, it is observed that the highest rainfall reached in December, but in the last 10 years, the highest rainfall reached in January (Figure 5). Considering the values of the summer months, which are important in terms of flooding and flood risk, it was determined that the average total precipitation in Düzce in the summer months between 1964 and 2023 was 164.84 mm. However, when the data for the last 10 years were examined, it is observed that this value has increased up to 230.33 mm. In addition, the highest precipitation during the summer months for Düzce Province is observed in June (Figure 6). According to a simple linear regression analysis, there is a slight increasing trend in average rainfall ( $r=0.069$ ), while average summer period rainfall ( $r=0.246$ ) shows a higher increasing trend compared to annual average rainfall (Figure 5-6).



**Figure 5.** Change in the average annual rainfall in Düzce province according to years.



**Figure 6.** Change in the average annual summer rainfall in Düzce province according to years.

In a study conducted in Bartın province, which has a similar climate to Düzce province, it was stated that the average rainfall between 1965-2014 was lower than the average rainfall between 1995-2014 (Şensoy ve Ateşoğlu, 2018). This situation actually shows that there has been an increase in the average rainfall after 1995. In a study on the temperature and rainfall changes between 1980-1999 and 2000-2015 in Bartın, Zonguldak, and Düzce provinces, a decrease in rainfall data during the summer months was reported (Bolat et al., 2018). This result showed similarity when compared with the findings of this study. In a study conducted by Bolat and Şensoy (2023), it was reported that the average annual total rainfall values within Düzce province showed an increasing trend between the years 2012-2021. Furthermore, in the same study, it was stated that the average annual total rainfall between 2012-2021 was 874.22 mm. When examining the rainfall data for Düzce province, it is

observed that the average annual total rainfall for the last 10 years was above this value, indicating an increase in rainfall values. When we look at the values for Düzce province, the average annual rainfall measured from 1979 to 2018 was below the average annual rainfall measured in 1979. However, when the average annual precipitation of the last 5 years is analyzed, it is seen that there is an increase that surpasses all other periods.

### 3.2. De Martonne-Gottman Index

According to the De Martonne-Gottman Index, Düzce province falls into the semi-humid climate class (Table 8). When the complete data for 60 years were evaluated throughout the year for Düzce Province, December and January months were classified as very humid, October, November, February, March, and April dropped within the humid class. September, May, and June were classified as semi-humid, while July and August fell into the semi-arid to semi-humid class.

**Table 8.** Düzce's climate type according to the De Martonne-Gottman drought index (IDMG).

Years	IDMG	Climate Type
1964-1968	26.81	Semi-humid
1969-1973	23.35	Semi-humid
1974-1978	21.25	Semi-humid
1979-1983	27.08	Semi-humid
1984-1988	19.5	Semi-arid to Semi-humid
1989-1993	26.43	Semi-humid
1994-1998	26.10	Semi-humid
1999-2003	25.24	Semi-humid
2004-2008	19.28	Semi-arid to Semi-humid
2009-2013	20.47	Semi-humid
2014-2018	26.78	Semi-humid
2019-2023	24.91	Semi-humid

Düzce Province was in the semi-humid class except for the years 1984-1988 and 2004-2008 according to the De-Martonne-Gottman index (Table 8). According to the study conducted by MGM (2018a), based on the 30-year data from 1981 to 2010, Düzce Province was classified as semi-humid. Similarly, in the study conducted by MGM (2024) between 1991 and 2020, Düzce province was classified as semi-humid. In this study as well, when the 30-year data from 1994 to 2023 is examined, Düzce Province was similarly classified as semi-humid. Partal and Yavuz (2020) conducted a trend analysis based on the De Martonne aridity index for the Western Black Sea Region. As a result of their analysis, they indicated that there is a decreasing trend in precipitation and an increase in aridity in the province of Düzce.



### 3.3. Köppen-Trewarthe Climatic Classification

According to the Köppen-Trewartha climate classification system, a total of 2 groups (C and D) and 4 climate classes (Do, Dc, Cf, Cs) were identified for Düzce Province between 1964 and 2023 (Table 9). Over the 60-year period in Düzce Province, the predominant climatic class was the Do class. However, in recent years, a shift towards the C group has been observed. Düzce province was in the Cs class between 2009 and 2013 and in the Cf class between 2014 and 2023. According to the Universal Temperature Index, for Düzce province between 2014 and 2023, the third and fourth letters were a and k, respectively (Table 3). In this context, when examining the data for the last 10 years for Düzce province, it is determined that it was within the Cfak class (hot summers, cool winters, subtropical humid climate).

**Table 9.** Düzce's climate type according to the Köppen-Trevartha (K-T) climate classification.

Years	K-T Symbols	Climate class description
1964-1968	Cfbk	Warm summers, cool winters, subtropical humid climate
1969-1973	Dobk	Warm summers, cool winters, temperate marine
1974-1978	Dobk	Warm summers, cool winters, temperate marine
1979-1983	Dobk	Warm summers, cool winters, temperate marine
1984-1988	Dobk	Warm summers, cool winters, temperate marine
1989-1993	Dcbk	Warm summers, cool winters, temperate terrestrial
1994-1998	Dobk	Warm summers, cool winters, temperate marine
1999-2003	Doak	Hot summers, cool winters, temperate marine
2004-2008	Doak	Hot summers, cool winters, temperate marine
2009-2013	Csak	Hot summers, cool winters, subtropical dry summer climate.
2014-2018	Cfak	Hot summers, cool winters, subtropical humid climate
2019-2023	Cfak	Hot summers, cool winters, subtropical humid climate

According to the classification performed by MGM (2018b) and MGM (2023a) for the period between 1981-2010 and 1991-2020, it is observed that Düzce province was in the Do group. Similarly, in this study, when the data for the 30 years from 1994 to 2023 is considered, it is observed that the climate of Düzce province falls into the Do class. However, it was determined that the climate class changed between 2014 and 2023, and entered the Cf group when the data of the last 10 years are analyzed. At the same time, according to the Universal Temperature Index, in the 30-year study conducted by MGM (2018b) between 1981 and 2010, Düzce province was in the Dobk group, study conducted by MGM (2023a) between 1991 and 2020, Düzce province was in the Doak group, while between 1994 and 2023, it was in the Doak class. In the 10 years between 2014 and 2023, Düzce Province is classified as Cfak. Sparovek et al (2007) reported, based on the Köppen (1900) classification, that the climate classes Cfa (warm temperate climate with hot summers) and Cfb (warm

temperate climate with mild summers) were characterized as climates without a dry season. Based on recent years climate data for Düzce province, it is observed that it has a climate characteristic without dry season, with hot summers and cool winters and is classified as humid. Yılmaz and Çiçek (2016) indicated in their study on the detailed Köppen-Geiger climate regions of Turkey that the province of Düzce was classified as Cfa between 1971 and 2010. Similarly, Öztürk et al. (2017) reported that the Cfa climate classification is dominant in the Western Black Sea Region.

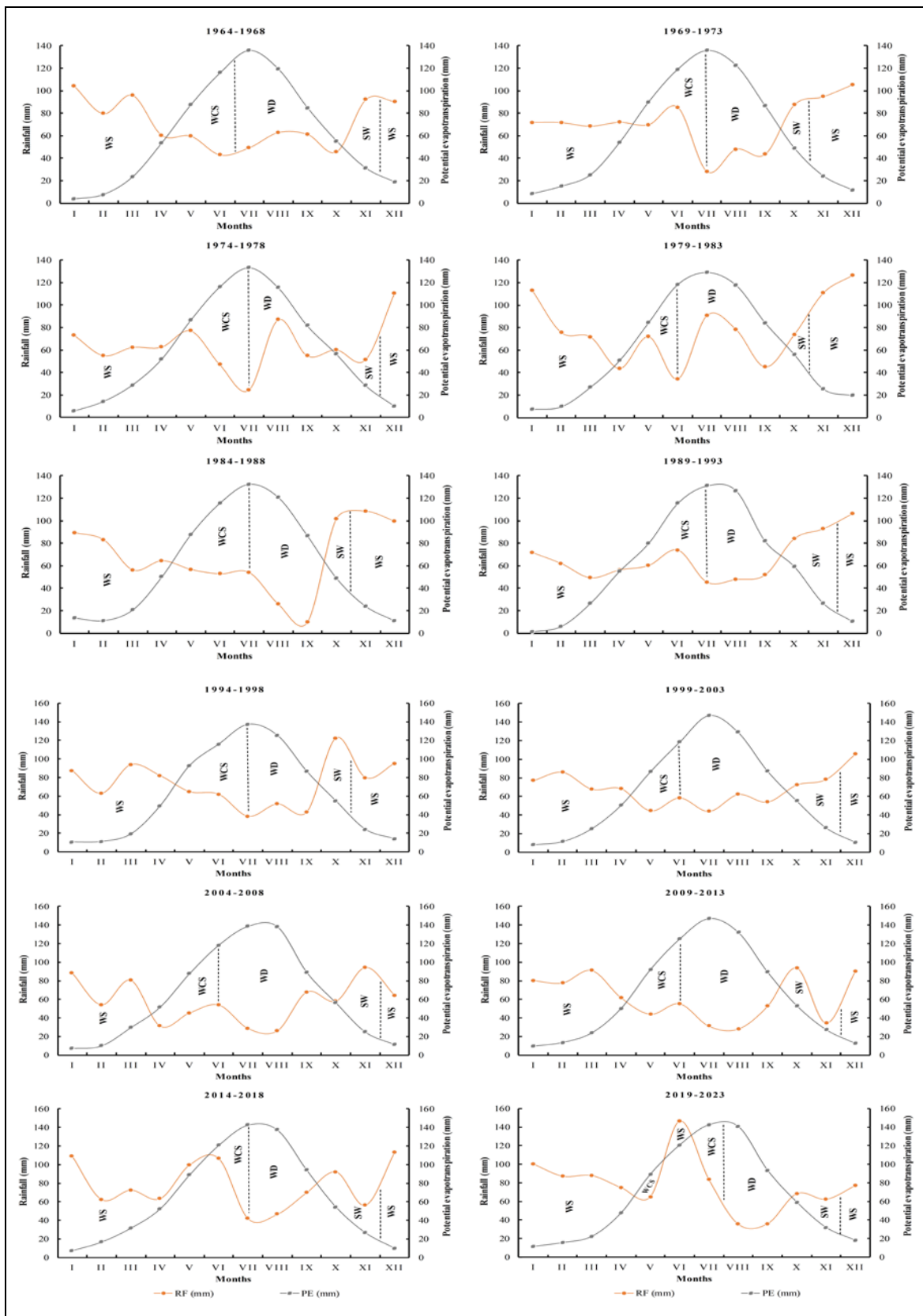
### 3.4. Thornthwaite Climatic Classification

According to the Thornthwaite climate classification method, the potential evapotranspiration, water deficit and water surplus values were determined for Düzce Province for the period between 1964 and 2023. The potential evapotranspiration values showed an increase starting from the year 1989. For Düzce province, it was found that there was an increase in water deficit between 1989 and 2013. However, between 2014 and 2023, the increased amount of precipitation led to a decrease in water deficit (Table 10).

**Table 10.** According to the Thornthwaite climate classification, the rainfall (P), potential evapotranspiration (PE), water deficiency (WD), and water surplus (WS) values.

Years	P(mm)	PE	WD	WS
1964-1968	845.1	736.2	176.7	285.7
1969-1973	845.6	740.5	179.9	284.0
1974-1978	764.2	727.2	124.9	180.2
1979-1983	935.6	729.2	119.9	326.2
1984-1988	801.5	723.6	232.2	322.4
1989-1993	799.8	718.3	156.1	237.6
1994-1998	884.1	741.4	198.0	340.7
1999-2003	818.3	753.7	204.9	269.6
2004-2008	692.7	761.8	269.0	199.9
2009-2013	740.6	774.4	273.9	240.1
2014-2018	934.2	781.8	129.8	314.6
2019-2023	924.9	798.3	122.4	273.7

The assessments for Düzce Province show that water is generally retained in the soil between October and November months. In the field, there is a surplus of water in December, January, February, March and April. In May and June, water is consumed from the storage and in July, August and September there is a water deficit (Figure 7).



**Figure 7.** Water balance of Düzce province by years in Thornthwaite (1948) climate classification; RF is rainfall; PE is potential evapotranspiration; SW is the water retained in the soil; WCS is water loss from the soil, WS is the water surplus, WD is water deficit.

According to the Thornthwaite climate classification method, indexes for rainfall effectiveness (RE), temperature effectiveness (TE), rainfall regime (Ia), and the ratio of potential evapotranspiration to the three summer months were calculated to determine the climate type (Table 11).

**Table 11.** RE, TE, Ia and PET values according to years in Thornthwaite climate classification.

Years	RE	TE	Ia	PET
1964-1968	24.4	736.2	24.0	50.4
1969-1973	23.9	740.5	24.2	50.9
1974-1978	14.5	727.2	17.2	50.2
1979-1983	34.9	729.2	16.4	50.0
1984-1988	25.3	723.6	32.1	51.0
1989-1993	20.0	718.3	21.7	51.9
1994-1998	29.9	741.4	26.7	51.1
1999-2003	19.5	753.7	27.2	52.3
2004-2008	5.1	761.8	35.3	51.8
2009-2013	9.8	774.4	35.4	52.2
2014-2018	30.3	781.8	16.6	51.3
2019-2023	25.1	798.3	15.3	50.7

According to the Thornthwaite climate classification method, a total of 7 different climate classes have been identified for Düzce province between 1964 and 2023. According to the Rainfall Effectiveness Indices, when the 60-year data calculated in five-year periods were evaluated for Düzce Province, the predominant climate class is found to be B1 class. Between 1974-1978 and 1999-2013, Düzce Province was classified in the C2 climate class in five-year periods. However, when the data of the last 10 years is examined, Düzce Province was in the B1, humid climate class. According to the temperature efficiency index, for Düzce province, class B2, according to the rainfall regime, class "s", and according to the annual potential evapotranspiration ratio to the three summer months, class "b4" are predominant (Table 12).

**Table 11.** According to Thornthwaite climate classification, the representation of Düzce province with letters.

Climate type	Years					
	1964-1968	1969-1973	1974-1978	1979-1983	1984-1988	1989-1993
	B1sB2'b4'	B1sB2'b4'	C2sB2'b4'	B1rB2'b4'	B1sB2'b4'	B1sB2'b4'
Climate type	1994-1998	1999-2003	2004-2008	2009-2013	2014-2018	2019-2023
	B1sB2'b4'	C2sB2'b3'	C2s2B2'b4'	C2s2B2'b3'	B1rB2'b4'	B1rB2'b4'

Based on MGM's (2016) classification of the 30-year period between 1981 and 2010, Düzce province falls under the B1 climate group. In addition, according to the classification made by MGM (2023b) for the 30-year period between 1991-2020, Düzce province is located in the C2 climate group. According to our study, when evaluating the average data

for the 30 years between 1994 and 2023, it was determined that Düzce province similarly belongs to the C2 climate group. Similarly, in the study conducted by Baş (2023), it was determined that Düzce province was in the C2 climate group between the years 1959-2021. However, when the data for the last 10 years was evaluated, it is observed that Düzce Province is again in the B1 climate group. MGM (2016) reported that Düzce Province was indicated with the letters B1sB2'b3' between 1981 and 2010. However, according to the study conducted by MGM (2023b) between 1991 and 2020, it was reported to be indicated with the letters C2sB2'b4'. In this study, similar to MGM (2023b), it was determined that it was indicated with the letters C2sB2'b4' between 1994 and 2023. According to the Thornthwaite classification, based on the average values between 1994 and 2023, we can describe the province of Düzce Province as a region with a semi-humid climate, moderate water deficiency in summer, second-degree mesothermal, and under the influence of an oceanic climate. However, according to the data for the last 10 years (2014-2023), Düzce Province is represented by the letters B1rB2'b4'. According to the last 10 year data, Düzce province is seen as a humid, second-degree mesothermal region with almost no water deficit, and under the influence of oceanic climate. In fact, this could be an indication that the climate class will change in the coming years.

#### **4. Conclusions**

According to the simple linear regression analysis for Düzce province, there has been an increase in both average temperature and annual average total precipitation values. Furthermore, there is a change in climate types according to Köppen-Trewartha and Thornthwaite classifications. In fact, changes in temperature and precipitation data in recent years may indicate climate change. This condition may pose considerable hazards in the coming years, including changes in land use, depletion of natural resources, a decline in biodiversity, harmful effects on hydrological systems, and a negative impact on human health. Climate change causes irregularities in the distribution and amount of precipitation over a given period of time, leading to adverse events such as flooding, especially in summer. To prevent this situation, restoration efforts in riverbeds should be increased. These restoration efforts should be evaluated ecologically, and the use of concrete and stone channels in riverbeds should be avoided. Instead of this, it is recommended to increase the number and volume of streams in the upper watersheds. Additionally, reducing the increasing concrete development in city centers and increasing green area projects instead is

necessary. The green areas should be generated, which then will contribute to the water absorption by the soil and assist to mitigate the risks of flooding.

## Acknowledgements

We would like to thank the General Directorate of State Meteorological Affairs of the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change of the Republic of Türkiye for the meteorological data used in the study (1964-2023 period).

## References

- Ács, F., Breuer, H. & Skarbit, N. (2015). Climate of Hungary in the twentieth century according to Feddema. *Theoretical and applied climatology*, 119, 161-169.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçaves, J.D.M. & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Anonymous, (2018). Düzce Tarımsal Kuraklık Eylem Planı. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Düzce, Türkiye, [https://duzce.tarimorman.gov.tr/Belgeler/KOORD%C4%B0NASYON/Duzce\\_Kuraklik\\_Eylem\\_Planı.pdf](https://duzce.tarimorman.gov.tr/Belgeler/KOORD%C4%B0NASYON/Duzce_Kuraklik_Eylem_Planı.pdf), Erişim: 20.04.2024
- Anonymous, (2023). Düzce İli Çevre Durum Raporu. T.C. Düzce Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Düzce, 167s. [https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/duzce\\_-cdr2022-20231207124105.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/duzce_-cdr2022-20231207124105.pdf), Erişim: 20.04.2024.
- Aparecido, L.E.O., Rolim, G.D.S., Richetti, J., Souza, P.S.D. & Johann, J.A. (2016). Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, 40, 405-417.
- Baş, E. (2023). 'Büyük Melen Çayı'nın farklı kıyı zonlarının bazı vejetasyon ve toprak özelliklerinin değişimine etkilerinin araştırılması'. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 99s, Bartın.
- Bolat, İ. & Şensoy, H. (2023). Analysis of some meteorological data and their variation trends in three provinces of the Western Black Sea Region between 2012 and 2021. *Forestist*, 73(3), 220-230.
- Bolat, İ., Kara, Ö. & Tok, E. (2018). Global warming and climate change: a practical study on Bartın, Zonguldak and Düzce. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(1), 116-127.

- Camargo, A.P. (1991). Classificação climática para zoneamento de aptidão agroclimática. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 8, 126-131.
- Dawson, R.J., Dickson, M.E., Nicholls, R.J., Hall, J.W., Walkden, M.J., Stansby, P.K., Mokrech, M., Richards, J., Zhou, J., Milligan, J., Jordan, A., Pearson, S., Rees, J., Bates, P.D., Koukoulas, S. & Watkinson, A.R. (2009). Integrated analysis of risks of coastal flooding and cliff erosion under scenarios of long term change. *Climatic Change*, 95, 249-288.
- De Castro, M., Gallardo, C., Jylhä, K. & Tuomenvirta, H. (2007). The use of a climate-type classification for assessing climate change effects in Europe from an ensemble of nine regional climate models. *Climatic Change*, 81, 329-341.
- De Martonne, E. (1926). Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. *Meteorologie*, 2, 449-459.
- De Martonne, E. (1942). Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité (Carte hors texte), In *Annales de Géographie* (Vol. 51, No. 288, pp. 241-250), Armand Colin.
- Dourado, C.S., Oliveira, S.R.M. & Avila, A.M.H. (2013). Analysis of rainfall homogeneous areas in time series of precipitation in the State of Bahia, Brazil. *Bragantia*, 72, 192-198.
- Dursun, İ. & Babalık, A.A. (2021). De Martonne-Gottman ve Standart Yağış İndeksi yöntemleri kullanılarak kuraklığın belirlenmesi: Isparta ili örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 22(3), 192-201.
- Dursun, İ. & Yazıcı, N. (2022). Köppen-trewartha ve thornthwaite yöntemlerine göre Isparta yöresi iklim tipinin belirlenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 8(2), 264-279.
- Elguindi, N., Grundstein, A., Bernardes, S., Turuncoglu, U. & Feddema, J. (2014). Assessment of CMIP5 global model simulations and climate change projections for the 21 st century using a modified Thornthwaite climate classification. *Climatic change*, 122, 523-538.
- Erol, O. (1999). *Genel Klimatoloji* (Genişletilmiş 5. Baskı), Çantay Kitabevi, İstanbul, 445s.
- Feddema, J.J., Oleson, K.W., Bonan, G.B., Mearns, L.O., Buja, L.E., Meehl, G.A. & Washington, W.M. (2005). The importance of land-cover change in simulating future climates. *Science*, 310(5754), 1674-1678.
- Flohn, H. (1950). Neue Anschauungen über die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre und ihre klimatische Bedeutung. *Erdkunde*, 4(3/4), 141-162.

- Gallardo, C., Gil, V., Hagel, E., Tejada, C. & de Castro, M. (2013). Assessment of climate change in Europe from an ensemble of regional climate models by the use of Köppen–Trewartha classification. *International Journal of Climatology*, 33(9), 2157-2166.
- Geiger, R. (1954). Klassifikation der klimate nach W. Köppen. Landolt-Börnstein–Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik, alte Serie. *Berlin Springer*, 3, 603-607.
- Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M. & Lo, K. (2005). GISS surface temperature analysis global temperature trends: 2005 summation, NASA Goddard Institute for Space Studies, New York, NY. See <http://data.giss.nasa.gov/gistemp>.
- Holdridge, L.R. (1967). Life zone ecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center; 266 p.
- Jacobeit, J. (2010). Classifications in climate research. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(9-12), 411-421.
- Jylhä, K., Tuomenvirta, H., Ruosteenoja, K., Niemi-Hugaerts, H., Keisu, K. & Karhu, J.A. (2010). Observed and projected future shifts of climatic zones in Europe and their use to visualize climate change information. *Weather, Climate, and Society*, 2(2), 148-167. <https://doi.org/10.1175/2010WCAS1010.1>
- Kim, H.J., Wang, B., Ding, Q. & Chung, I.U. (2008). Changes in arid climate over North China detected by the Koppén climate classification. *Journal of the Meteorological Society of Japan, Ser. II*, 86(6), 981-990.
- Köppen, W. & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*, Justus Perthes, Gotha.
- Köppen, W. (1900). Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. *Geographische Zeitschrift*, 6(11. H), 593-611.
- Köppen, W. (1936). *Das Geographische System der Klimatologie*, Berlin, 44 p.
- Mahlstein, I., Daniel, J.S. & Solomon, S. (2013). Pace of shifts in climate regions increases with global temperature. *Nature Climate Change*, 3(8), 739-743.
- MGM, (2016). Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi. 1981-2010 yılları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- MGM, (2018a). De Martonne kuraklık indeksine göre Türkiye iklimi. 1981-2010 yılları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- MGM, (2018b). Köppen-Trewartha iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi. 1981-2010 yılları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- MGM, (2023a). Köppen-Trewartha iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi. 1991-2020 yılları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü,



[https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim\\_siniflandirmalari/K%C3%B6ppen-Trewatha.pdf](https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/K%C3%B6ppen-Trewatha.pdf) [Erişim 01.12.2024].

MGM, (2023b). Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi. 1991-2020 yılları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, [https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim\\_siniflandirmalari/Thornthwaite.pdf](https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/Thornthwaite.pdf) [Erişim 01.12.2024].

MGM, (2024). De Martonne kuraklık indeksine göre Türkiye iklimi. 1991-2020 yılları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, [https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim\\_siniflandirmalari/Demartonne.pdf](https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/Demartonne.pdf) [Erişim 01.12.2024].

Öztürk, M.Z., Çetinkaya, G. & Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35, 17-27.

Özyuvacı, N. (1999). Meteoroloji ve klimatoloji, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.

Partal, T. & Yavuz, E. (2020). Batı Karadeniz Bölgesinde kuraklık indisleri üzerine trend analizi uygulanması. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(2), 345-353.

Peel, M.C., Finlayson, B.L. & McMahon, T.A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences*, 11(5), 1633-1644.

Rolim, G.D.S. & Aparecido, L.E. (2016). Camargo, Köppen and Thornthwaite climate classification systems in defining climatological regions of the state of São Paulo, Brazil. *International Journal of Climatology* 36(2), 636-643.

Rolim, G.D.S., Camargo, M.B.P.D., Lania, D.G. & Moraes, J.F.L.D. (2007). Climatic classification of Köppen and Thornthwaite systems and their applicability in the determination of agroclimatic zoning for the state of São Paulo, Brazil. *Bragantia*, 66, 711-720.

Sparovek, G., De Jong Van Lier, Q. & Dourado Neto, D. (2007). Computer assisted Köppen climate classification: a case study for Brazil. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 27(2), 257-266.

Spinoni, J., Vogt, J., Naumann, G., Carrao, H. & Barbosa, P. (2015). Towards identifying areas at climatological risk of desertification using the Köppen–Geiger classification and FAO aridity index. *International Journal of Climatology*, 35(9), 2210-2222.

Şensoy, H. & Ateşoğlu, A. (2018). Bartın Yöresinde İklim Tipi Değişikliğine Yönelik Bir Değerlendirme. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 576-582.

Thornthwaite, C.W. (1948). An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38, 55-94.

- Trewartha, G.T. (1954). *An Introduction to Climate*. New York: McGraw-Hill. 402p.
- Türkeş, M. (2010). *Klimatoloji ve Meteoroloji*, Kriter Yayınevi, İstanbul, 650s.
- Türkeş, M., Sümer, U.M. & Çetiner, G. (2000). Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Ward, P.J., Renssen, H., Aerts, J.C.J.H., Van Balen, R.T. & Vandenberghe, J. (2008). Strong increases in flood frequency and discharge of the River Meuse over the late Holocene: impacts of long-term anthropogenic land use change and climate variability. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12(1), 159-175. <https://doi.org/10.5194/hess-12-159-2008>
- Yılmaz, E. & Çiçek, İ. (2016). Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3973-3994.

## İç Anadolu Kurak Sahalarında Abiyotik Bitki Stresleri\*

### Abiotic Plant Stresses in Central Anatolian Aridlands

 Abdullah Hüseyin DÖNMEZ<sup>1</sup>,  Oktay YILDIZ<sup>1</sup>

#### Özet

İç Anadolu kurak sahalarında bitki büyümesini etkileyen en önemli stres faktörleri kuraklık, sıcaklık, don, tuz ve bazı besin elementlerinin yararlanılabilir formlarının eksikliğidir. Bölge iklimsel olarak kurak olmasına rağmen mevsimsel kuraklıkta sık sık görülmektedir. Tuzlu topraklar bölge genelinde olmasa bile bazı taban arazilerde özellikle sodik toprak olarak sorun yaratmaktadır. Besin elementlerinden ise en çok fosforun yararlanılabilir formunun azlığı ile mikro besin elementlerinde demir, bakır ve çinko eksikliği öne çıkmaktadır. Bölgedeki ağaçlandırma çalışmalarının başarısı şimdiye kadar silvikültürel uygulamalarla açıklandığından bitki büyümesini sınırlayan çoğu mekanizma anlaşılammıştır. Bu nedenle bitki büyümesini sınırlandıran ekolojik ve fizyolojik stres faktörlerini konu alan çalışmalar bölgedeki restorasyon çalışmalarının başarısını arttırabilir.

**Anahtar Kelimeler:** İç Anadolu, ağaçlandırma, kuraklık, Tuzluluk, Besin stresi

#### Abstract

Prevealing stress factors affecting plant performance in the Central Anatolian arid lands are drought, heat, frost, salt and lack of usable forms of some nutrients. Although the region is climatically arid, seasonal drought is frequently observed. Although not throughout the region, saline soils cause problems in some bottom lands, especially as sodic soils. Among the nutrients, the scarcity of the usable form of phosphorus iron, copper and zinc stand out. Since the success of afforestation efforts in the region has so far been explained by silvicultural practices, most mechanisms limiting plant growth have not been understood. Therefore, studies on ecological and physiological stress factors that limit plant growth can increase the success of restoration efforts in the region.

**Keywords:** Central Anatolia, afforestation, drought, Salinity, Nutrient stress

Geliş Tarihi: 27.05.2024, Düzeltme Tarihi: 21.09.2024, Kabul Tarihi: 23.09.2024

Adres: <sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü

E-mail: [abdullahhuseyindonmez@duzce.edu.tr](mailto:abdullahhuseyindonmez@duzce.edu.tr)

\*Bu çalışma, Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "İç Anadolu Kurak Sahalarında Dikim Çukuru, Hüyük asit ve Jasmonik uygulamasının, Toros sediri (*Cedrus libani*), karaçam (*Pinus nigra*), kızılçam (*Pinus brutia*), badem (*Prunus amygdalus*) ve içde (*Elaeagnus angustifolia*) fidanlarının tutma ve büyüme başarısına etkisi" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

## 1. Giriş

Ağaçlandırma önemli bir restorasyon tekniği olup İç Anadolu kurak sahalarındaki erozyonla mücadelede büyük katkılar sağlamaktadır (Yıldız ve ark., 2021). Kurak sahalardaki ağaçlandırma başarısı genelde ilk birkaç yıllık çap boy ve yaşama oranları veriler üzerinden değerlendirilmektedir. Çalışmalarda bitkilerin ayakta kalması ve büyümesini etkileyen saha verimliliği, ekolojik ilişkiler, bitki fizyolojisi vb etkenler yeteri kadar değerlendirilmediğinden ağaçlandırma başarısı sınırlı kalmaktadır (Şekil 1).



**Şekil 1.** İç Anadolu kurak sahalarında sığ köklere sahip yer örtücüleri kuraklık stresinden kaçmak için hayat döngülerini yağmurların kesilmesinden birkaç hafta sonra sonlandırmakta, fakat ağaç türleri kurak dönemlerde de fizyolojik faaliyetlerini devam ettirmektedir.

Dolayısıyla bitkilerin yaşama oranlarını ve büyüme performanslarını arttıracak saha kaynakları ve streslerine yönelik araştırmalar bölgedeki ağaçlandırma çalışmalarına önemli katkılar sağlayacaktır.

## 2. Bitkilerde Stres

Bitkilerin fizyolojik faaliyetlerini ve büyümesini olumsuz olarak etkileyen durum ve etken stres olarak tanımlanmaktadır. Bitkiler stres koşullarına uyabilmek için genellikle fizyolojik, biyokimyasal ve morfolojik tepkiler gösterirler. Bu tepkiler genel olarak, metabolizmalarını değiştirmeyi, su kullanımlarını ayarlamayı, antioksidanlar veya fitokimyasallar gibi koruyucu bileşikler üretmeyi veya zararlılara ve hastalıklara karşı savunma mekanizmalarını etkinleştirmeyi içerebilir. Bununla birlikte, uzun süreli veya şiddetli stres, bitkinin uyum sağlama kapasitesini aşarak büyümesinin azalmasına, verim kayıplarına ve hatta ölümüne yol açabilir. Bu bakımdan bitkide meydana gelen stres durumunu ve etkilerini anlamak, stresin etkilerini azaltmak ve olumsuz koşullara karşı bitki

direncini artırmak için stratejiler geliştirmeye yardımcı olabilir (Büyük ve ark., 2012; Korkmaz ve ark., 2017).

Canlıların stres koşullarında göstermiş olduğu tepkiler farklılıklar göstermektedir. Hayvanlar hareket yeteneğine sahip olduğu için stres kaynaklarından kolayca uzaklaşabilmektedir. Diğer taraftan bitkiler sesil yapıları nedeniyle stresle mücadelede farklı tepki stratejileri geliştirmişlerdir (Schulze ve ark., 2005; Büyük ve ark., 2012). Bitkilere etki eden stres faktörleri biyotik ve abiyotik olarak iki ana başlık altında toplanabilir (Levitt, 1972). Biyotik stresler rekabet, enfeksiyonel bulaşlar (bakteri, virüs, mantar), parazitlik, av-avcı ilişkisi ile kısaca tanımlanabilir. Abiyotik stresler ise su, sıcaklık, ışık, besin gibi kaynak yetersizliklerinden meydana gelmektedir. Bu kaynakların hem azlığı hem de fazlalığı stres faktörü olabilmektedir. Abiyotik stresler çevresel kaynaklı oldukları için bu stresler bitkilerin büyüme, gelişme ve yaşam ortamı koşulları ile doğrudan ilişkilidir (Schulze ve ark., 2005). Abiyotik faktörlerin ne durumda veya hangi dozda stres kabul edileceği, türler arasında farklılık gösterdiği gibi aynı türün organları arasında bile büyük fark oluşturabilir (Schulze ve ark., 2005; Korkmaz ve ark., 2017). Dolayısı ile neden olduğu zararlar da bitkinin türüne, direncine ve elastikiyetine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Stresin bitki ve dolaylı olarak ekosistem üzerindeki tahrip etkisi ise stresin süresi ve şiddetinin yanında ekosistemin yapı ve işlevi ile yakından ilişkilidir (Dubey, 1994; Kadioğlu, 2004; Rao ve ark., 2006; Kosov ve ark., 2011; Büyük ve ark., 2012).

Bitkiler genellikle birden fazla stres faktörünün etkileşimine maruz kalmaktadır. Örneğin, Konya kapalı havzasında çoğunlukla kuraklık öne çıkan bir stres faktörüken, aşırı rüzgâr, sıcaklık ve don, besin kıtlığı, yüksek pH, geçirimsiz toprak, tuzluluk ve sodiklik problemleri de bitki gelişimini olumsuz olarak etkilemektedir. Dolayısıyla bitki gelişimi ve yaşama oranları değerlendirilirken sadece kuraklık gibi bir değişken üzerinden durumu açıklamak yeterli olmayabilir. Suzuki ve diğ. (2014) bitkilerin iki veya daha fazla stres koşulu altında tepki mekanizmalarının farklı olduklarını ve bitki performanslarının tekli strese gösterdikleri tepki ile değil stres faktörlerinin etkileşimiyle açıklanabileceğini ifade etmişlerdir. Örneğin, Mittler (2006)'da bitkiler ısı stresi boyunca yapraklarını soğutmak için stomalarını açarlar, ancak aynı bitki kuraklık stresine de maruz kalırsa stomalarını açamadığından yaprağın yüzey sıcaklığının artacağını bildirmektedir. Yine yapılan bazı çalışmalarda bitki türlerinde yüksek sıcaklık stresinin polen verimliliğini düşürdüğü, kuraklık stresinin ise ovaryum ve çiçek gelişimi üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur. (Westgate, 1994; Prasad ve ark., 2011).

Dolayısı ile yapılan bu çalışmada İç Anadolu bölgesi ağaçlandırmalarında etkisi gözlemlenen kuraklık, tuz, besin eksikliği, sıcaklık ve don gibi bazı stres parametrelerine, bitki fizyolojisindeki etkileri ile meydana getirdikleri tepki mekanizmalarına yer verilmiştir.

## 2.1. Kuraklık Stresi

İklimsel ve mevsimsel kuraklık ile su kıtlığı sıklıkla birbirlerine karıştırılmaktadır. İklimsel kuraklık (aridity), bir yörede iklimin bitkisel ve hayvansal üretimi kısıtlayacak derecede nemden yoksun olmasını tanımlamaktadır. İklimsel kuraklık, uzun vadede ortalama su girdisi (yağış) ile su kaybının (evapotranspirasyon) bir sonucudur. Gerçekleşen kayıp girdiye yakın ve potansiyel kayıp girdiden fazla ise iklim kurak olarak nitelendirilmektedir. Dolayısıyla sadece yağış miktarı değil yağışın ne kadarının atmosfere buharlaştığı önemlidir. Mevsimsel kuraklık (drought) ise her iklimde (Karadeniz Bölgesi de dahil) görülebilen, aydan aya (veya daha sık) gerçekleşen nem dengesini ifade etmektedir. Su girdisi belirli bir ay için su kaybından az olursa, o ay veya aylar kurak olarak nitelendirilir. Bu dönemde yağışın ve buna bağlı olarak yeraltı suyunun ve dere akışının normalden düşük olması göze çarpar. Dolayısıyla iklimsel kuraklık (aridity) kalıcı, mevsimsel kuraklık (drought) ise geçici bir durumu ifade etmektedir. Eğer mevsimsel kuraklık iklimi kurak (arid) olan bir bölgede yazın olursa bu beklenen bir sonuçtur. Fakat mevsimsel kuraklık (drought) iklimi yağışlı veya kurak olan bir bölgede yağışlı sezonda gerçekleşirse su kıtlığı meydana gelir.

İç Anadolu kurak sahalarında yıllık ortalama yağış 300 mm civarında ölçülmesine rağmen mekânsal ve zamansal olarak homojen değildir. Büyüme sezonunda da toprağa su girdisi sürekli olmayıp ara-sıra yağışlı sonra uzun süre yağışsız genelde pikler halindedir. Bu nedenle, sahada hangi türün ayakta kalacağını büyüme döneminde piklerin sıklığı (yağış) ve bitkilerin pikler arası kurak döneme uyum stratejileri belirlemektedir.

Kurak bölgelerdeki baskın bitki türleri olan kserofitler su kıtlığının meydana getirdiği strese göre farklı stratejiler geliştirmiştir.

### 2.1.1. Kuraklıktan Kaçanlar (ephemeral)

Kuraklık sırasında bütün metabolik faaliyetlerini askıya alıp tohum veya spor aşamasına geçerler. Genel özellikleri, kısa boylu, yüksek kök/gövde oranına sahip ve çimlenme, büyüme, çiçeklenme ve tohum verme dahil hayat döngüsünü yağmurlu dönemin 2-3 hafta ardından tamamlanmaktadır.

### 2.1.2. Kuraklığa Direnenler

Kuraklık karşısında direnme kuraklık stresinden uzak duranlar ve kuraklık stresine direnenler olarak iki farklı şekilde meydana gelir. Kuraklık stresinden uzak duranlar, kuraklık olduğunda yüksek su potansiyelini koruyabilme stratejisine dayanır. Bu stratejilerden biri su tasarrufu yapmaktır. Bu tür bitkiler günde kendi ağırlıklarının 1/4300'de kadar suyu terlemeyle kaybederler. Su harcayanlar ise 1 saat içinde kendi ağırlıklarının 5 katına kadar suyu haralayabilirler. Su tasarruf edenlerin en iyi örneği sukulent (kaktüs) ve bazı sklerofil (maki bitkisi) türleridir. Su harcayanlar ise çok derin kök sistemine sahip bitkiler olup bazen çok derinden getirdikleri suyu yüzeye akşam saatlerinde kısmen bırakarak hidrolik taşınma sayesinde yüzeyde bazı bitkilere de fayda sağlayabilir. Bu tür bitkilerin kök/gövde oranı çok yüksektir (Kozlowski ve Pallardy, 1997; Pallardy, 2008).

Kuraklık Stresine Direnenler ise hücre sularının yoğunluğunu artırarak osmotik potansiyeli düşürüp hücreleri diri (turgid) tutarak kurumaktan kurtulurlar. Bazı bitkiler de zarar görmeden uzun süre kuru halde durup nemli bulunca tekrar canlanmaktadır (yosun, liken, bazı eğreltiler). Bu tür bitkilere yeniden dirilen (resurrection) bitkileri denir.

Kuraklığa uyum sağlayan bitkilerde, sürgünler kısa, kök sistemi uzun, yapraklar küçük ve kalın, yaprak hücreleri küçük, hücre çeperi kalın, stomalar daha küçük; fakat daha yoğun, yapraklar tüylü (pubescent), palizat parankimasi daha gelişmiş, sünger parankimasi daha az gelişmiş, hücreler arası boşluklar dar, daha küçük ksilem hücreleri, yoğun lignin içeren organların oranı daha fazla, stomalar daha derine gömülüdür. Ayrıca kuraklığa uyum sağlamış bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal olarak şeker birikimi artar, hücre suyu daha yoğun, daha düşük osmotik potansiyel, hücre suyu daha az, birim yaprak yüzeyinden daha çok terleme, birim yaprak alanında daha hızlı fotosentez, daha düşük nişasta/şeker oranı, protoplasmik geçirgenlik fazla, solmaya karşı daha dirençli, daha erken çiçeklenme ve meyve oluşumu ve organlar daha uzun ömürlüdür (Kozlowski ve Pallardy, 1997; Pallardy, 2008).

Ot ve çalı türleri ağaçlara göre daha çok kılcal köke sahip olduklarından toprağın üst kısmında su rekabetinde daha avantajlıdır. Ağaçlandırma çalışmalarında diri örtü mücadelesi yapılmazsa fidanlar ilk yıllarda rekabeti kaybedebilir. Bu nedenle ot ve çalıların fazla olduğu ortamlarda ayakta kalan ağaç türlerinin çoğu kazık kök sistemine sahiptir. Su sıkıntısı olan ortamlardaki bir diğer sorun, bitki bünyesinde meydana gelen su açığından dolayı ksilemde su kolonunun kırılmasıyla kavitasyon oluşmasıdır (Manavalan ve Ngyuyen, 2012). Koniferler, geniş yapraklı türlere göre su kolonunun kırılmasına daha dirençli olduklarından

kurak sahalarda daha yangın olarak bulunmaktadı. Ayrıca su kıtlığı stomanın kapanmasına ve stomadan CO<sub>2</sub> ve diğér gaz girdisinin azalmasına neden olur. Bunun yanı sıra köklerden suyla alınan çözünmüş iyonlar da alınmamaktadır.

Bitkideki suyun durumunu ortaya koyan en iyi tanımlayıcı faktör ise yaprak su potansiyelidir. Ayrıca bitkiler bünyelerinde gerçekleştirdikleri bir dizi fizyolojik tepki mekanizmaları (osmotik ayarlama, absisik asit (ABA) sentezi, klorofil, prolin ve çözünmür şeker miktarı ve peroksidaz veya süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinin artışı) ile de bünyelerindeki su kaybının engellenmesini sağlayarak kuraklıkla mücadelesine katkıda bulunur (Luo, 2010).

İç Anadolu ağaçlandırma sahalarında bitki performansını etkileyen en önemli kaynak sudur. Büyüme sezonu fotoperiod veya hava sıcaklığı ile ilgili değil daha çok toprak suyu ile sınırlandırılmış olup genelde yaz ortasında sona ermektedir. Bölgede büyüme sezonu havaların ısınması ve baharda yağışla başlayıp kuraklığın şiddetlenmesiyle sona ermekte ve birkaç ayla sınırlıdır. Bu nedenle hedef türle rekabete giren otsu türlerin uzaklaştırılması, derin dikim, kök büyümesinin teşvik edilerek topraktaki tüketim zonunun arttırılması gibi uygulamalar bitki büyümesine önemli katkı sağlamaktadır (Şekil 2; 3).



**Şekil 2.** Çukur dikiminde yana doğru uzayan fidan köklerinin daha geç kuruyan alt topraktaki nemden faydalanmasına yardımcı olabilir.





**Şekil 3.** Bitki kökleri birkaç mm tüketim zonuna sahip olduklarından tüketim zonunu arttırmak için kök büyümesini arttıracak hümik asit gibi kimyasalların uygulanması bitki performansına katkıda bulunabilir.

## 2.2. Tuz Stresi

Tuzlu topraklar yağış/buharlaşma oranınının 0.75 veya daha az olduğu yerlerde oluşur. Bazen de alçak düz arazilerin yüksek yerlerden sızan suyla yüksek taban suyuna sahip olan yerlerinde oluşur.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde yağış az olduğundan baz oluşturan  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^{+}$  ve  $Na^{+}$  gibi katyonlar yıkanamamaktadır. Bu yüzden toprakların baz doygunluk yüzdesi fazladır. Topraklarda yıkanma olmadığından  $Ca^{+}$ ,  $Mg^{+}$ ,  $K^{+}$ ,  $Na^{+}$  klorit ve sülfatları birikerek tuzlu toprakları oluşturur. Bu tuzlar ya kayaların ayrışması ürünü veya sularla (yağmur, sulama) getirilmiştir. Sulanan arazilerin 1/3'ü kadarı suyla birlikte üst havzalardan getirilen tuzlardan etkilenmiş durumdadır. Ayrıca drenaj sistemi iyi olmayan ve/veya aşırı sulanan arazilerde de toprakta bulunan fazla su sıcak havalarda buharlaşırken kılcal su hareketi ile alt topraktan yüzeye tuzların taşınması, buharlaşma sonucunda da sudaki bu tuzların toprak yüzeyinde çöküp kalmasına neden olmaktadır. Tuzlu toprakların değişim bölgelerinin çoğu  $Ca^{+3}$  ve  $Mg^{+3}$  'la işgal edilmiştir. Bazı topraklarda  $Na^{+}$  iyonu doygunluğu %15'i geçerse kesekler dağılır ve pH 8,5'in üstüne çıkar. Dağılan tanecikler boşlukları tıkayarak perkolasyonu yavaşlatır. Bu tür topraklar "sodik" topraklar olarak adlandırılır (Tan, 2011).

Toprakta tuz miktarı toplam çözünmüş tuz (TDS) olarak (mg/L) veya elektrik iletkenliğinden (EC) yararlanılarak hesaplanmaktadır. Bunlardan EC ölçümü daha kolay olduğundan daha çok tercih edilmektedir. Topraktaki EC değeri  $4 \text{ dS m}^{-1}$  'in üzerine çıkarsa toprak tuzlu toprak olarak sınıflandırılmasına karşın çoğu hassas bitkiler  $1 \text{ dS m}^{-1}$ 'in üzerindeki sahalarda strese girebilmektedirler.

Tuz bitkilerin mevcut büyüme ve döl aktarımı süreçlerini olumsuz etkileyerek mevcut fizyolojik döngüsünü olumsuz etkileyen önemli bir abiyotik streştir (Hirt ve Shinozaki, 2003). Tuz stresinin Primer etkileri; iyonik toksisite ve hiperozmolalitedir. Tuz bünyesindeki Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup>, hücre içerisinde sitoplazmanın sitosolik yapısını ve organellerin metabolik döngüsünün bozulmasına neden olmaktadır (Niu ve ark., 1995; Serrano ve ark., 1999; Zhu ve ark., 1998). Sekonder etkilerini ise K<sup>+</sup> dengesi ve membran fonksiyon bozukluğu, fotosentez ve diğer biyokimyasal süreçlerin bozulması ile reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumudur (Serrano ve ark., 1999; Hasegawa ve ark., 2000; Rodriguez-Navarro, 2000). Tuzlu sahalarda sulama suyunun kalitesi de düşmektedir (Hirt ve Shinozaki, 2003; Jenks ve Hasegawa, 2005). Kök etrafında biriken tuz, osmotik potansiyeli etkileyerek, yaprak içerisinde CO<sub>2</sub>'in stomatal iletkenliğini, hücrenin hacmini ve hücrelerdeki su miktarlarını, fotosentezi ve bitkinin meristematik dokularını olumsuz etkilemektedir (Munns ve Sharp, 1993; Passioura ve Munns, 2000; Fricke ve Winfried, 2002). Tuzluluk normale dönse bile bitkide bazı yapıların eski halini alması mümkün değildir. Bitki bünyesine alınan su, zamanla metabolik etkinlikleri düzenlemeye çalışsa da yaşanan stresin fizyolojik tahribatını gerçekleştirerek hücrelerin yapısal formlarının bozulması, küçülme ve kalınlaşması, sürgünlerin etkilenmesi ve sonunda erken çiçeklenme veya daha az sayıda çiçek oluşumu sonucu bitkinin üremesini olumsuz olarak etkilemektedir (Shabala ve Munns, 2005).

### 2.3. Sıcaklık ve Don Stresi

Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi etkileyen değişkenlerden biri de soğuk stresidir ancak bitkiler arasında bu stresle başa çıkma mekanizmaları farklılık göstermektedir (Levitt, 1980; Sakai ve Larcher, 2012). Soğuk stresi literatürde soğuk hasarı (>0°C) ve donma hasarı (<0°C) olarak sınıflandırılmıştır (Guo ve ark., 2018; Ding ve ark., 2019). Bazı bitkiler bu stres karşısında yüksek adaptasyon yetenekleri ile soğuğa uyum sürecinde metabolik mekanizmayı koruyabilmektedir. Fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeydeki bu tepkiler membran ve hücre yapısının düzenlenmesine neden olmaktadır (Ding ve ark., 2019; Aslam ve ark., 2022).

Sıcaklık sıfırın altına düştüğünde solunum ve metabolik faaliyetler engellenir, suyun emilimi azalır ve sürenin uzamasıyla zarar gören hücre zarı bitkide ölüme neden olur. Bu durum sıfırın üzerindeki düşük sıcaklıklarda da benzer etkiler gösterse de bitkilerin dayanıklılıklarına bağlı olarak etkilenme süreleri farklılık gösterir. Soğuk stresine tepki mekanizmaları sinyalizasyon etkinlikleri, fitohormonlar, epigenetik kontrol olmak üzere 3 ana grupta toplanabilir. Sinyalizasyon sürecinde algı, membran modifikasyonu, hücre

yapısının yeniden düzenlenmesi,  $Ca^{+2}$  'un sinyalizasyonu ve ROS birikimi yer almaktadır. Salgılanan fitohormonların başlıcaları ise absesik asit, oksin, etilen, sitokin, gibrellik asit, salisilik asit, jasmonik asit ve brassinosteroidlerdir. Epigenetik kontrolde de Mikro RNA'lar (miR408, miR393, vb.), SVALKA gibi uzun kodlamayan RNA'lar, HDACs ve H3K9ac gibi kromatinin yeniden şekillenmesi yer almaktadır. Bitki bunlar neticesinde transkripsiyonel düzenleme gerçekleştirerek duyarlılığına bağlı olarak sınırlı coğrafi dağılım, değişmiş büyüme ve üreme toleransı, soğuk iklimlere ve soğuğa dayanıklı fenotip üretme gibi bir dizi uzun vadeli tepki mekanizması geliştirebilmektedir.

Bitkilerin doğal yaşam alanlarında sıcaklık farkının yanı sıra sıcaklığa maruz kalma süresi, miktar ve döngüleri de farklılık göstermektedir. Bu da stres sonucunda oluşan metabolik ve fizyolojik değişimlere ve homeostatik mekanizma sonucu pertürbasyona neden olmaktadır. Örneğin, yüksek sıcaklıklar hücrenin lipid özelliklerini değiştirerek sıvılaştıran membran yapısında bozulmaya neden olur. Bu da enzim aktivitesini değiştirerek, proteinlerde dengesizliğe ve aktif oksijen türlerinin (AOS) üretilmesine yol açar. Aynı zamanda antioksidanların da bu sıcaklık anomalilerinde etkili şekilde aktif olması mümkün olamayabilir. Stresin oluşturduğu bu tepkiler fotosentezin yapılamamasına ve diğer faktörlerin de etkisi ile fenolojik değişimlere, üreme yetersizlikleri ve/veya ölümlere neden olabilir (Hall, 2001; Jenks ve Hasegawa, 2005). Genellikle yüksek sıcaklığın yanında, kuraklık veya yüksek ışık şiddeti de aynı anda bitkide strese neden olmaktadır. Bu çoklu stres etkileşimlerine bitkinin tepki mekanizmaları çakışabilir. Dolayısı ile farklı streslerden gelen sinyal ve tepkiler incelenirken bu değişkenlerin göz önünde bulundurulması gerekir.

#### **2.4. Besin Stresi**

Kurak sahalarda genelde yüksek kirece bağlı Ca bulunmaktadır. Fakat bu kirecin çoğu aktif kireç değildir. Makro besin elementlerinde azot çoğu topraklarda eksik olduğundan özellikle kurak sahalarda has bir durum değildir. Kurak sahalarda makro besin elementlerinden en sıkıntılı fosfordur. Fosforun üç farklı iyon formu bulunmasına rağmen alkali topraklarda  $Ca_5(PO_4)_3OH$  veya Ca-fosfat formları oluşur ve bunun da çözünürlüğü oldukça düşüktür. Dolayısıyla toprak pH'ı 8.0 civarı olduğunda fosfor eksikliğine sık rastlanır. Aşırı alkali topraklarda ise Na baskındır ve Na fosfat çözünebilir. Dolayısıyla toprak pH'ı 9.0 ve yukarısında P eksikliği görülmez (Binkley ve Fisher, 2013). Fosfor toprakta son derece hareketsiz olduğundan toprak analizi yaparken toprak yüzeyindeki değil kök bölgesindeki fosforun analiz edilmesi daha doğru sonuç verir. Çünkü yüzeydeki fosforu

bitki köklerine ulaşmayacağından çıkan analiz sonucu bitki için yararlanılabilir fosforu yansıtmaz.

Kurak sahalarda mikro besin elementleri nin çoğunun iyon formu azalmaktadır. Ancak bunlardan bitki gelişimini en çok sınırlayanlar demir, bakır ve çinkodur. Bakır topraktan  $Cu^{+2}$  iyonu olarak alınır. Toprak pH'ı yükseldikçe çözünürlüğü düşer. Bakır eksikliği en fazla organik topraklarda görülür. Bakır, klorofil ve bazı ko-enzimlerin yapısında bulunur, kloroplast proteini olan plastocyanin bileşiminde bulunur, fotosentez-I ve fotosentez-II tepkimeleri arasında elektron taşınımında görev alır, protein ve karbonhidrat sentezine katkıda bulunur ve azot bağlanmasına katkı yapar. Bakır oksijen ile tepkimeye girip yükseltgenen cytochrome oksit, absorbic asid oksit, ve polyphenol oksit gibi enzimlerin bileşenlerinde bulunur. Bakır alımı ile demir alımı birbirlerini olumsuz etkilemektedir.

Fazla bakır alımı demir eksikliğine benzer bir belirti gösterir. Bakır da bitki içerisinde hareketsiz olduğu için belirtiler ilkönce genç yapraklarda ortaya çıkar. Yapraklarda 1-15 ppm arası bakır bulunur. En önemli bakır gübresi hidratlanmış bakır sülfattır ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ -bordo bulamacının hammaddesi). Bakır eksikliği görüldüğünde toprağa 5 kg/ha civarında  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  verilmesi genelde yeterli olur. Ancak alkali topraklarda bakırın çözünürlüğü düşük olduğundan bu tür topraklarda şelat kullanılması veya yaprak gübresi olarak uygulanması daha uygundur.

Demir eksikliğinde genç yapraklarda sararma görülür. Genelde yaprak damarı yeşil kalır fakat damarlar arası sararır. Yıllık bitkilerde bu belirti büyüme sezonun başında toprak daha soğukken görülebilir. Fakat toprak ısınmaya başlayınca ve kökler de uzamaya başlayınca demirin yararlanılabilirliği artar ve bu belirtide bahar sonuna doğru kaybolabilir. Demir eksikliği ayrıca fazla kireçleme yapılan topraklarda, fazla mangan ve bakır içeren topraklarda da görülmektedir.

Çinko bitki yapraklarında 20 ppm civarı bulunur. Çoğu topraklarda 20-600 kg/ha Zn bulunur. Fakat bunun çok az bir kısmı çözeltiliye karışır. Nötüre yakın toprakların pulluk derinliğinde yaklaşık 1 kg /ha civarı  $Zn^{+2}$  bulunur. Toprak pH'ı 6.0'ın üzerinde Zn çözünürlüğü düşmektedir. Düzenli olarak hayvan gübresi kullanılan topraklarda Zn eksikliği pek görülmez. Eksikliği görülen topraklarda genelde  $ZnSO_4$  olarak toprağa 2-20 Kg/ha oranında verilebilir. Ayrıca topraktan gübrelemede Zn-şelat ta kullanılmaktadır. Yapraktan gübrelemede ise %0.25 veya %1'lik sprey uygulanabilir.

Mikro besin elementleri çok az miktarda verildiğinden ve genelde pahalı olduğundan yaprak gübrelemesi daha çok tercih edilen bir yöntemdir. Topraktan verilmesi halinde ise iyon formundan çıkmamaları için şelatlanmış halde verilmektedir. Şelatlar metalik

katyonları hareketsiz hale getiren doğal veya sentetik organik bileşiklerdir. En önemli doğal şelatlar klorofil ve hemoglobindir. En önemli sentetik şelat ise etilendiamin tetraasetik asit (EDTA) olup bu yapıda hidrojen yerine bir katyon geçerek farklı besinlerin şelatları üretilir; örneğin Fe – EDTA, Zn – EDTA gibi.

### 3. Bitki Stresini Belirlemede Yararlanılan Değişkenler

Ölçüm yöntemleri, teknolojik ilerleme ve bilimsel çalışmalara bağlı olarak bitkilerin stres düzeyini belirlemede yararlanılan değişken sayısı ve nitelikleri her geçen gün değişmektedir. Örneğin, besinler arasında potasyum iyonları osmotik ayarlamaya yardımcı olur; silikon kök endodermal silisleşmesini artırır ve hücre su dengesini iyileştirir (Walker ve ark., 1996; Ashley ve ark., 2005; Kacar, 2005). Glisinbetain, prolin ve diğer amino asitler, organik asitler ve polioller içerir düşük moleküler ağırlıklı osmolitler, kuraklık altında hücre fonksiyonlarının sürdürülmesi için çok önemlidir (Klepek ve diğ., 2005; Iqbal ve diğ., 2014; Farooq ve diğ., 2015). Salisilik asit, oksinler, giberellinler, sitokin ve absisik asit gibi bitki büyüme maddeleri, bitkinin kuraklığa karşı tepkisini modüle eder. Poliaminler, sitrülün ve çeşitli enzimler antioksidan etki göstererek su eksikliğinin olumsuz etkilerini azaltır (Westwood, 1993). Moleküler düzeyde, dehidrasyona duyarlı element bağlama geni, akuaporin, geç embriyogenezde bol proteinler ve dehidrinler gibi kuraklığa duyarlı birkaç gen ve transkripsiyon faktörü tanımlanmıştır (Kaur ve Asthir, 2017). Bitki kuraklık toleransı tohumlara ozmoprotektan uygulaması, büyüyen bitkilere eksojen uygulanması ve ayrıca kuraklığa dayanıklılık mühendisliği gibi stratejilerin benimsenmesiyle yönetilebilir (Supriya ve diğ., 2022; Khan ve diğ., 2024).

Strese neden olan birçok çevresel faktöre karşı bitkilerin geliştirdiği tepkilerden biri prolin artışıdır. Prolin ile ilgili birçok çalışma yürütülmüş olmasına rağmen biyolojik işlevleri hakkında henüz tam sonuç elde edilememiştir. Prolinin yapısı metabolizma için gerekli proteinogenik bir aminoasittir (Szabados ve ark., 2010). Yapılan çalışmalarda, kuraklık (Choudhary ve ark., 2005), aşırı tuzluluk (Yoshida ve ark., 1995), fazla ışık ve UV (Saradhi ve ark., 1995), ağır metal (Schat ve ark., 1997), oksidatif stres (Yang ve ark., 2009) ve biyotik streslere (Fabro ve ark., 2004; Haudecoeur ve ark., 2009) karşı prolin birikimi gözlemlenmiştir (Szabados ve ark., 2010). Birçok çalışmada prolin birikiminin stres altındaki bitkilerde koruyucu bir işlev üslendiği vurgulansa da (Hare ve Cress, 1997; Kishor ve ark., 2005; Verbruggen, 2008; Szabados ve ark., 2010) yapılan bazı çalışmalarda hala durumun bu kadar açık olmadığı vurgulanmıştır. Yani her abiyotik stres altındaki bitki prolin birikimi gerçekleştirmez (Szabados ve ark., 2010). Yapılan çalışmalarda prolin içeriği

kuraklığa dayanaklı pirinç tanelerinde yüksek bulunurken (Choudhary ve ark.,2005; Szabados ve ark., 2010), arpada tuz toleransı ile ilişkisi tespit edilememiştir (Chen ve ark., 2007; Widodo ve ark., 2009; Szabados ve ark., 2010). Sonuç olarak prolinin bitkiler için uyumlu bir osmolit olmasının yanı sıra, son çalışmalarla stres adaptasyonu, onarım ve bitki içerisindeki sinyalleşmede de yer alarak birçok işleve sahip olduğu ortaya konmuştur (Szabados ve ark., 2010).

Sinyal reaksiyon özelliği gösteren diğer bir yapı da reaktif oksijen yapılarıdır. Reaktif oksijenler, atmosferde bulunan oksijenin kısmen indirgenmiş veya uyarılmış halleridir (Halliwell, 2015; Mittler 2017). Hücre içerisinde sinyalizasyon dan sorumlu moleküller olmalarının yanı sıra aerobik metabolizmaların toksik özellikteki yan ürünleridir (König ve ark., 2012; Foyer ve ark., 2013; Vaahtera ve ark., 2014; Mignolet-Spruyt ve ark., 2016; Mittler, 2017). Hücre sel yapılarda bulunan ve normal şartlar altında dengede bulunan ROS'lar singlet oksijen ( $1/2 O_2$ ), süperoksit anyonu ( $O_2^-$ ), hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve hidroksil radikali ( $OH^-$ )'dir (Büyük ve ark., 2012; Halliwell, 2015). Reaktif oksijenler genellikle kloroplast, mitokondri ve peroksizomlarda oluşur. Aynı zamanda da yüksek redoks potansiyeline sahip olan proteinlerin veya moleküllerin olduğu diğer hücre sel bölümlerde de oluşabilir (Mittler ve ark., 2004; Mittler, 2017). Görevlerini tamamlayan bu yapı bir dizi antioksidatif enzim ve antioksidan tarafından detoksifiye edilerek ortamdaki uzaklaştırılır. Diğer tüm mekanizmalarda olduğu gibi reaktif oksijenlerin kararsız hale neden olabilecek durumların oluşması oksidatif strese neden olur (Halliwell, 2015; Mittler ve ark., 2004; Mittler ve ark., 2011; Vaahtera ve ark., 2014; Mignolet-Spruyt ve ark., 2016; König ve ark., 2012; Foyer ve ark., 2013; Mittler 2017). Ancak bu durum reaktif oksijenleri kötü yapmaz çünkü atmosferik oksijenin var olduğu zamandan yani 2,4 ila 3,8 milyar yıl önceden beri dünyada var olmuş olması bunca zamandır korunuyor olması ve gelişim süresince yok olmamış olması bu durumu desteklemektedir (Halliwell, 2015; Boyd ve ark., 2014; Mittler ve ark., 2011; Vaahtera ve ark., 2014; Mignolet-Spruyt ve ark., 2016; König ve ark., 2012; Foyer ve ark., 2013; Mittler, 2017). Ayrıca reaktif oksijenlerin etkisiz hale getirilmesinden sorumlu enzim süperoksit dismutazın da çok önceden beri var olması bu durumu desteklemektedir (Mittler, 2017).

Bitkilerde strese karşı geliştirilen tepkilerden en iyi çalışan sinyal reaksiyonlarından biri de ABA aracılık ettiği stoma kapanma sürecidir. Bitkiler suyun eksikliğine bağlı stres meydana geldiğinde bünyelerinde ABA depolarlar. Fiziksel etmenlerin neden olduğu (kuraklık, osmotik, vb.) stres koşullarında, etki mekanizmalarını belirleyerek her bir etki karşısındaki sinyal akışının irdelenmesi, verilecek tepkinin şekillenmesinde büyük önem arz

etmektedir. Dolayısıyla bu hormon çok yönlü stres tepkileri için kritik öneme sahiptir (Cutler ve diğerleri, 2010; Song ve ark., 2016). ABA genellikle su kıtlığı ile olsa da diğer stres durumlarında karotenoid öncülleri tarafından yaprakta ve kökte sentezlenirler. Ksilem öz suyu asidik bir yapı göstermesi mezofil hücrelerinde ABA'nın alınımı kolaylaştırır. Stres faktörü oluşumunun ilk aşamalarında ksilemin pH'ı artar ve bu durum ABA'nın ayrılmış haldeki formunun oluşumunun destekler ve sonuç olarak koruyucu hücrelere daha fazla ABA ulaşır. ABA tarafından seçici olmayan iyon kanallarının hızlı aktivasyonu, membran depolarizasyonunu tetikler ve bu durumda anyon kanallarını aktive eder ve sonucunda malat kaybı ve/veya malatın nişastaya dönüşümü, koruyucu hücre turgorunun kaybına ve stoma kapanmasına yol açar (Rhodes ve ark., 2001).

Bitki büyümesi için önemli sinyal moleküllerinden olan etilen, tohumun çimlenmesinden saçak kök yapımına ve hatta meyve oluşumuna varan birçok bitkisel fonksiyonda rolü vardır. Ancak diğer tüm durumlar gibi etilen durumunda da stresin beraberinde getirdiği aşırı artış sonucunda bitki gelişimi durmaktadır. Bu yüzden bitki stres etileni olarak da anılmaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda etilenin meydana gelmesi için S-adenosyle methionine (SAM) 'nin aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC)'ye dönüşümünün ardından ACC'nin etilene dönüşümünü içeren ACC-oxidaz enziminin katalize ettiği iki basamaklı işlem sonucunda mümkün olmaktadır (Yang ve ark., 2009; Arshad ve Frankenberger, 1993; Glick, 2014; İmriz ve ark., 2014).

Bitkiler bazı stres koşullarına verdiği cevaplara değinecek olursak, osmotik bileşen içeren çevresel etmenlerin neden olduğunu streslerde bitki su dengesi bozularak hücrel dehidrasyonlar meydana gelmekte ve bu da iç denge mekanizmasını bozmaktadır. Bitki bu durum karşısında içerisindeki su iletimini ve kontrol altındaki iyon dengesini oluşturarak su geçişinde rol oynayan hidrofilik transmembran kanallar olan aquaporinlerin ve iyon taşıma sistemlerinin aktivasyonunu/inaktivasyonunu kapsayan bir dehidrasyon temel cevap mekanizması oluşturmuştur (Munns, 2002; Wang ve ark., 2003; Vinocur ve ark., 2005; Zhu, 2000; Büyük ve ark., 2012).

Bitkiler strese karşı bazı protein (osmolitler, ısı şoku proteinleri ve LEA (late embryogenesis abundant)) yapıları ile de cevap vermektedir (Büyük ve ark., 2012). Osmolitlerin temel görevi stresin neden olduğu ROS'un temizlenmesidir. Bununla beraber sitoplazmada suyun, apoplast ve vakuollerde de sodyumun tutulumu ile hücre korumasını sağlamaktadır (Smirnoff ve ark., 1989; Büyük ve ark., 2012). Isı şoku proteinleri ise hücre düzeni oluşturma, hücre içerisinde uygun halde olmayan proteinlerin birikimini önleme, hasar almış polipeptitleri bağlama gibi hücre içi birçok görevde yer alarak, strese karşı

hücreyi korumaktadır (Henle ve ark., 1999; Chiba ve ark., 2006; Büyük ve ark., 2012). Tuz stresine yanıt olarak bitkisel dokularda çoğu geç embriyogenez açısından zengin, şaperonlara benzer özelliklere sahip LEA () proteinlerinde olan bir artış meydana gelir (Ingram & Bartels, 1996) Bu proteinler osmotik stres sırasında protein yapısının koruyarak tuz ve kuraklık stresine karşı tepki mekanizması oluştururlar (Ingram & Bartels 1996).

Bitkilerde oksidatif stres cevap mekanizmaları antioksidan sistemler olarak da anılmaktadır. Oksidasyon ile mücadele eden bu maddeler enzimatik olmayan (askorbik asit, tokoferoller (vitamin E), karotenoidler, glutatyon ve fenolik bileşikler) ve enzimatik olan antioksidanlar (süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz, glutatyon peroksidaz ve katalaz) olmak üzere sınıflandırılır (Smirnoff, 2005; Büyük ve ark., 2012). Enzimatik olmayan yapılarda olan askorbik asit, hücre yapısında kloroplast, apoplast, vakuol ve sitozolde bulunan fazlaca bulunan güçlü antioksidandır. Asıl görevi süper oksit anyonu, hidroksil radikali ve hidrojen peroksidin temizlenmesidir (Khan ve ark., 2008; Foyer ve ark., 2013; Büyük ve ark., 2012).

#### **4. Sonuç**

İç Anadolu kurak sahalarında ağaçlandırma başarısı genelde sahanın insan ve hayvan baskısından korunması, dikilen fidanların türü ve orijini, dikim aralığı vb. silvikültürel uygulamalarla açıklanmaya çalışılmaktadır. Fakat silvikültürel değişkenler bitki büyümesini etkileyen birçok mekanizmayı açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, ağaçlandırma başarısını artırmak için elde edilen sonuçların ekolojik ve fizyolojik mekanizmalarının belirlenmesi gerekmektedir. Bölgedeki ağaçlandırma uygulamalarının değerlendirilmesinde ana stres faktörlerinin belirlenmesi ve bu stres kaynaklarının ortadan kaldırılması için yapılacak çalışmalar restorasyon çalışmalarının başarısına önemli katkılar sunacaktır.

#### **Teşekkür**

Bu çalışma İç Anadolu Kurak Sahalarında Dikim Çukuru, Hümik Asit ve Jasmonik Uygulamasının, Toros Sediri (*Cedrus libani*), Karaçam (*Pinus nigra*), Kızılçam (*Pinus brutia*), Badem (*Prunus amygdalus*) Ve İğde (*Elaeagnus angustifolia*) Fidanlarının Tutma ve Büyüme Başarısına Etkisi isimli ve 120 O 688 numaralı TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.



## Kaynaklar

- Ahuja I, de Vos RC, Bones AM, & Hall RD. (2010). Plant molecular stress responses face climate change. *Trends in Plant Science*, 15, 664–674.
- Arshad M., & Frankenberger Jr. W.T., (1993). *Microbial production of plant growth regulators*. In: Blaine F., MEETING Jr. (Eds.), *Soil Microbial Ecology*, New York: Marcel and Dekker, Inc.
- Ashley, M. K., Grant, M. & Grabov, A., (2005), Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins, *Journal of Experimental Botany*, 57 (2), 425-436.
- Aslam, M., Fakher, B., Ashraf, M. A., Cheng, Y., Wang, B., & Qin, Y. (2022). Plant low-temperature stress: signaling and response. *Agronomy*, 12, 702.
- Binkley, D. and R.F. Fisher. (2013). *Ecology and Management of Forest Soils*. Fourth Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Büyük, İ., Soydam-Aydın, S., ve Aras, S. (2012). Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 69(2).
- Chen, Z., Cuin, T. A., Zhou, M., Twomey, A., Naidu, B. P., & Shabala, S. (2007). Compatible solute accumulation and stress-mitigating effects in barley genotypes contrasting in their salt tolerance. *Journal of experimental botany*, 58(15-16), 4245-4255.
- Chiba, S., Yokota, S. I., Yonekura, K., Tanaka, S., Furuyama, H., Kubota, H., ... & Matsumoto, H. (2006). Autoantibodies against HSP70 family proteins were detected in the cerebrospinal fluid from patients with multiple sclerosis. *Journal of the neurological sciences*, 241(2), 39-43.
- Choudhary, N. L., Sairam, R. K., & Tyagi, A. (2005). Expression of  $\Delta^1$ -pyrroline-5-carboxylate synthetase gene during drought in rice (*Oryza sativa* L.). *Ind. J. Biochem. Biophys*, 42, 366–370.
- Cutler, S.R., Rodriguez, P.L., Finkelstein, R.R., & Abrams, S.R. (2010). Abscisic acid: Emergence of a core signaling network. *Annu.Rev.Plant Biol.* 61, 651–679.
- Dietrich, D. (2018). Hydrotropism: How roots search for water. *J. Exp. Bot.*, 69, 2759–2771.
- Ding, Y., Shi, Y., & Yang, S. (2019). Advances and challenges in uncovering cold tolerance regulatory mechanisms in plants. *New Phytol.*, 222, 1690–1704.

- Doğan, O. (2011). “Çölleşme nedir? nasıl mücadele edilir?” Kurak ve Yarıkurak Alan Yönetimi Çalıştayı, 5-8 Aralık 2011, Ürgüp, Nevşehir. 262-268.
- Dubey, R.S. (1994). *Handbook of Plant and Crop Stress*. New York: Marcel Dekker, 227.
- Durumel, M. H. (2018). *Ozmotik stres altındaki domates bitkisinde GABA uygulamasının bazı biyokimyasal parametreler üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Fabro, G., Kovács, I., Pavet, V., Szabados, L., & Alvarez, M. E. (2004). Proline accumulation and AtP5CS2 gene activation are induced by plant-pathogen incompatible interactions in Arabidopsis. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 17(4), 343-350.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). *Plant drought stress: effects, mechanisms and management*. In *Sustainable agriculture*. 153-188. Springer, Dordrecht.
- Foyer, C., H., & Graham N. (2013). Redox signaling in plants. *Antioxidants & Redox Signaling*, 18(16), 2087-2090.
- Fricke, W., & Winfried, S., P. (2002). The biophysics of leaf growth in salt-stressed barley. A study at the cell level. *Plant Physiology*, 129(1), 374-388.
- Glick, B.R. (2014). Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world, *Microbiological Research*, 169(1), 30-39.
- Guo, X., Liu, D., & Chong, K. (2018). Cold signaling in plants: Insights into mechanisms and regulation. *Journal of integrative plant biology*, 60(9), 745-756.
- Hall, A., E. (2001) *Crop responses to the environment*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. (2015). *Free radicals in biology and medicine*. Oxford University Press, USA.
- Hare, P. & Cress, W. (1997) Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants. *Plant Growth Regul.*, 21, 79–102.
- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J.-K. & Bohnert, H. J. (2000) Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51, 463–499.
- Haudecoeur, E., Planamente, S., Cirou, A., Tannieres, M., Shelp, B. J., Morera, S., & Faure, D. (2009). Proline antagonizes GABA-induced quenching of quorum-sensing in *Agrobacterium tumefaciens*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(34), 14587-14592.

- Henle, K.J., Jethmalani, S.M., & Nagle, W.A. (1999). Stress proteins and glycoproteins. *Int Mol Med*, 1, 25-32.
- Hirt, H., Shinozaki, K. (2003). *Plant responses to abiotic stress* (Vol. 4). Springer Science & Business Media.
- Holmberg, N., & Bülow, L. (1998). Improving stress tolerance in plants by gene transfer. *Trends in plant science*, 3(2), 61-66.
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M. N., Yakışır, E., ve Okur, O. (2014). Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 12(2), 1-19.
- Iqbal, N., Umar, S., Khan, N.A., & Khan, M.I.R. (2014). A new perspective of phytohormones in salinity tolerance: regulation of proline metabolism. *Environ. Exp. Bot.* 100, 34e42.
- Jenks, M. A., & Hasegawa, P. M. (Eds.). (2005). *Plant abiotic stress* (pp. 270-270). Blackwell Pub.
- Ingram, J. & Bartels, D. (1996) The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 47, 377–403.
- Kacar, B., 2005, *Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri*, Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı, Eskişehir, 20-30.
- Kadioğlu, A. (2004). *Bitki fizyolojisi*. Trabzon: Lokman Yayın, 453.
- Kaur, G., & Asthir, B. (2017). Molecular responses to drought stress in plants. *Biologia Plantarum*, 61(2), 201-209.
- Khan, A., & Ashraf, M. (2008). Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. *Environmental and experimental botany*, 63(1-3), 224-231.
- Khan, Z., Jan, R., Asif, S., Farooq, M., Jang, Y. H., Kim, E. G., ... & Kim, K. M. (2024). Exogenous melatonin induces salt and drought stress tolerance in rice by promoting plant growth and defense system. *Scientific Reports*, 14(1), 1214.
- Kishor, P. K., Sangam, S., Amrutha, R. N., Laxmi, P. S., Naidu, K. R., Rao, K. S., ... & Sreenivasulu, N. (2005). Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current science*, 424-438.
- Klepek, Y., Geiger, D., Stadler, R., Klebl, F., Landouar-Arsivaud, L., Lemoine, R., Hedrich, R., & Sauer, N. (2005). Arabidopsis polyol transporter 5, a new member of the monosaccharide transporter-like superfamily, mediates H<sub>2</sub>O-symport of numerous substrates, including myoinositol, glycerol, and ribose. *Plant Cell*, 17, 204e218.

- Kosová, K., Vítámvása, P., Prášila, I. T. & Renaut, J., (2011). Plant proteome changes under abiotic stress - Contribution of proteomics studies to understanding plant stress response, *Journal of Proteomics*, 74, 1301-1322.
- Kozlowski, T.T., & Pallardy, S.G. (1997). *Physiology of Woody Plants* Second Edition. Academic Press. New York.
- König, J., Muthuramalingam, M., & Dietz, K. J. (2012). Mechanisms and dynamics in the thiol/disulfide redox regulatory network: transmitters, sensors and targets. *Current opinion in plant biology*, 15(3), 261-268.
- Levitt J. (1972). *Responses of plants to environmental Stresses*. New York, London: Academic Press, 697.
- Levitt, J. (1980). *Responses of Plants to Environmental Stresses: Chilling, freezing, and high temperature stresses*. Second Ed., Vols. I II. New York and London Academic Press.
- Luo, L. (2010) Breeding for water-saving and drought-resistance rice in China. *Journal of Experimental Botany*, 61, 3509–3517.
- Manavalan, L., P., & Ngyuyen, H., T. (2012). *Drought tolerance in Crops: Physiology to Genomics Plant stress physiology*. Shabala, S. (Ed.). Cabi.
- Mignolet-Spruyt, L., Xu, E., Idänheimo, N., Hoerberichts, F. A., Mühlenbock, P., Brosché, M., ... & Kangasjärvi, J. (2016). Spreading the news: subcellular and organellar reactive oxygen species production and signalling. *Journal of experimental botany*, 67(13), 3831-3844.
- Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M., & Van Breusegem, F. (2004). Reactive oxygen gene network of plants. *Trends in plant science*, 9(10), 490-498.
- Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in plant science*, 11(1), 15-19.
- Mittler, R. (2017). ROS are good. *Trends in plant science*, 22(1), 11-19.
- Mittler, R., Vanderauwera, S., Suzuki, N., Miller, G. A. D., Tognetti, V. B., Vandepoele, K., ... & Van Breusegem, F. (2011). ROS signaling: the new wave?. *Trends in plant science*, 16(6), 300-309.
- Munns, R., & Sharp, R. E. (1993). Involvement of abscisic acid in controlling plant growth in soil of low water potential. *Functional Plant Biology*, 20(5), 425-437.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell & environment*, 25(2), 239-250.
- Niu, X., Bressan, R. A., Hasegawa, P. M. & Pardo, J. M. (1995) Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology*, 109, 735–742.

- Pallardy, S.G. (2008). *Physiology of woody plants*.—3rd edition. Elsevier, New York
- Passioura, J. B., & Munns, R. (2000). Rapid environmental changes that affect leaf water status induce transient surges or pauses in leaf expansion rate. *Functional Plant Biology*, 27(10), 941-948.
- Prasad PVV, Pisipati SR, Momcilovic I, & Ristic Z. (2011). Independent and combined effects of high temperature and drought stress during grain filling on plant yield and chloroplast EF-Tu expression in spring wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197, 430–441.
- Rao, K., Raghavendra, A., & Reddy, K. (2006). *Physiology and molecular biology of stress tolerance* (pp. 1-14). Springer: Dordrecht, Netherlands.
- Rhodes, D., & Nadolska-Orczyk, A. (2001). *Plant stress physiology*. e LS.
- Sairam, R. K., & Tyagi, A. (2004). Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current science*, 407-421.
- Saradhi, P. P., Alia Arora, S., & Prasad, K. V. S. K. (1995). Proline accumulates in plants exposed to UV radiation and protects them against UV-induced peroxidation. *Biochemical and biophysical research communications*, 209(1), 1-5.
- Schat, H., Sharma, S. S., & Vooijs, R. (1997). Heavy metal-induced accumulation of free proline in a metal-tolerant and a nontolerant ecotype of *Silene vulgaris*. *Physiologia plantarum*, 101(3), 477-482.
- Schulze, E. D., Beck, E., & Hohenstein, K. M. (2005). Environment as stress factor: stress physiology of plants. *Plant Ecology*, 702, 7-11.
- Serrano, R., Mulet, J. M., Rios, G. Marquez, J. A., de Larriona, I. F., Leube, M. P., Mendizabal, I. Pascual- Ahuir, A., Proft, M. R. R. & Montesinos, C. (1999) A glimpse of the mechanism of ion homeostasis during salt stress. *Journal of Experimental Botany*, 50, 1023–1036.
- Shabala, S., & Munns, R. (2012). Salinity Stress: Physiological Constraints and Adaptive Mechanisms. *Plant stress physiology*. Shabala, S. (Ed.). Cabi.
- Smirnoff, N., & Cumbes, Q. J. (1989). Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. *Phytochemistry*, 28(4), 1057-1060.
- Smirnoff, N. (2005). Ascorbate, tocopherol and carotenoids: metabolism, pathway engineering and functions. *Antioxidants and reactive oxygen species in plants*, 53-86.
- Song, L., Huang, S. S. C., Wise, A., Castanon, R., Nery, J. R., Chen, H., ... & Ecker, J. R. (2016). A transcription factor hierarchy defines an environmental stress response network. *Science*, 354(6312), 1550.

- Supriya L, Durgeshwar P, Muthamilarasan M, & Padmaja G (2022) Melatonin mediated differential regulation of drought tolerance in sensitive and tolerant varieties of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L). *Front Plant Sci.*, 1–22.
- Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., & Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 203(1), 32-43.
- Szabados, L., & Savaouré, A. (2010). Proline: a multifunctional amino acid. *Trends in plant science*, 15(2), 89-97.
- Tan, K.H. (2011). *Principles of Soil Chemistry*. Fourth Edition. CRC Press, New York.
- Thirgood, J. V. (1981). *Man and the mediterranean forest*. A history of resource depletion.
- Vaahtera, L., Brosché, M., Wrzaczek, M., & Kangasjärvi, J. (2014). Specificity in ROS signaling and transcript signatures. *Antioxidants & redox signaling*, 21(9), 1422-1441.
- Verbruggen, N., & Hermans, C. (2008). Proline accumulation in plants: a review. *Amino acids*, 35, 753-759.
- Vinocur, B., & Altman, A. (2005). Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. *Current opinion in biotechnology*, 16(2), 123-132.
- Walker, D. J., Leigh, R. A. & Miller, A. J., (1996). Potassium homeostasis in vacuolate plant cells, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(19), 10510- 10514.
- Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International journal of molecular sciences*, 14(4), 7370-7390.
- Wang, W., Vinocur, B., & Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218(1), 1-14.
- Westgate, M. E. (1994). Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. *Crop science*, 34(1), 76-83.
- Westwood, M.N. (1993). Hormones and Growth Regulators, Temperate Zone Pomology: *Physiology and Culture*, Timber Press Inc, Portland, Oregon, USA.
- Widodo, Patterson, J. H., Newbigin, E. D., Tester, M., Bacic, A., & Roessner, U. (2009). Metabolic responses to salt stress of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars, Sahara and Clipper, which differ in salinity tolerance. *Journal of experimental botany*, 60(14), 4089-4103.
- Yang, J., Kloepper, J. W., & Ryu, C. M. (2009). Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends in plant science*, 14(1), 1-4.

- Yıldız, O., Çetin, B., Sargıncı, M., Toprak, B., ... ve Şahin, U. (2018). İç Anadolu'da ağaçlandırma çalışmaları. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 14(1), 1-20.
- Yıldız, O., Eşen, D., Sargıncı, M., Çetin, B., Toprak, B., & Dönmez, A. H. (2022). Restoration success in afforestation sites established at different times in arid lands of Central Anatolia. *Forest Ecology and Management*, 503, 119808.
- Yoshihara, Y. (1995). Correlation between the induction of a gene for 1-pyrroline-5-carboxylate synthetase and the accumulation of proline in *Arabidopsis thaliana* under osmotic stress. *Plant J.*, 7, 101-110.
- Zhu, J. K. (2000). Genetic analysis of plant salt tolerance using *Arabidopsis*. *Plant physiology*, 124(3), 941-948. Zhu, J. K. (2000). Genetic analysis of plant salt tolerance using *Arabidopsis*. *Plant physiology*, 124(3), 941-948.
- Zhu, J. K., Liu, J., & Xiong, L. (1998). Genetic analysis of salt tolerance in *Arabidopsis*: evidence for a critical role of potassium nutrition. *The Plant Cell*, 10(7), 1181-1191.

## Kampüs Orman Alanları Karbon Yutak Kapasitesinin Zamansal Değişimi; Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Örneği

### Temporal Change of Carbon Sink Capacity of Campus Forest Areas; The Case of Bolu Abant İzzet Baysal University

 Seda SARANAY KAYAR<sup>1</sup>,  Gül TEKİNGÜNDÜZ<sup>2</sup>,  Mustafa Kağan ÖZKAL<sup>3</sup>,  Pınar KIRKIK AYDEMİR<sup>4</sup>

#### Özet

İklim değişikliği ile mücadelede karbon emisyonu açısından ormanlar önemli yutak alanlardır. Orman alanları içerisinde yer alan üniversite kampüslerinin yutak alan fonksiyonunu devam ettirebilmesi için mevcut orman alanlarının korunması ve artırılması önemlidir. Bu çalışmada Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Bolu Orman İşletme Müdürlüğü, Yeşil Dağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi (BAİBÜ) kampüs orman alanının 2009-2019 yılları arasındaki karbon depolama kapasitesindeki değişim belirlenmiştir. Kampüs alanındaki ormanların karbon yutak kapasitesi amenajman yönetmeliğindeki bitkisel kütle genişletme faktörüne (BEF) göre hesaplanmıştır. BEF yöntemiyle belirlenen karbon değeri 2009 yılı orman amenajman planı envanter verilerine göre 25.73 t C/ha, 2019 yılı orman amenajman planı envanter verilerine göre ise 27.86 t C/ha'dır. Kampüs alanının 10 yıllık periyotta bitkisel kütlede karbon stok değişimi 0.213 t/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Sayısal veriler 10 yıllık periyotta kampüs orman alanının karbon yutak kapasitesinin arttığını göstermektedir. BAİBÜ kampüs alanında karbon depolama fonksiyonunun sürdürülebilirliğinin devamlılığı için destekleyici politikaların oluşturulması önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** BEF, Yutak alanlar, İklim değişikliği, Karbon stoku.

#### Abstract

Forest ecosystems are important areas in the combating against climate change. It is significant for university campuses located in forest lands to protect and increase their existing forest lands in order to maintain their sink function. In this study, the change in the carbon sink capacity of the forest land of Bolu Abant İzzet Baysal University (BAIBU) campus area located within the borders of Bolu Regional Directorate of Forestry, Bolu Forest Enterprise, Yeşil Dağ Forest Planning Unit between 2009-2019 was determined. The sink capacity of the forests in the campus area was calculated according to the biomass expansion factor (BEF) in the management plan regulation. The carbon value of the campus area determined by the BEF method is 25.73 t C/ha for 2009 according to the management plan inventory data and 27.86 t C/ha according to the 2019 forest management plan inventory data. The carbon stock change in the biomass of the campus area over a 10 years period was calculated as 0.213 t/ha/year. Results demonstrate that the carbon sink capacity of the campus forest land has increased in the 10 years period. It is important to establish supportive policies for the sustainability of the carbon storage function in the BAIBÜ campus area.

**Keywords:** BEF, Sink areas, Climate change, Carbon stock.

Geliş Tarihi: 21.10.2024, Düzeltme Tarihi: 06.11.2024, Kabul Tarihi: 28.11.2024

Adres: <sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

<sup>2</sup>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mudurnu Süreyya Astarıcı Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Bolu.

<sup>3</sup>Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.

<sup>4</sup>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Bolu.

E-mail: gulakbulut@ibu.edu.tr



## 1. Giriş

Küresel iklim değişikliği dünyanın karşı karşıya kaldığı ortak problemlerin başında gelmektedir. İklim değişikliği ile mücadelede karbon yutak alanlarının önemli olduğu bilinmektedir. Karbon farklı şekillerde fosil yakıtlar, karasal ekosistemler, okyanuslar ve diğer doğal kaynaklarda bulunmaktadır. İklim değişikliğinde etkili olan gazların başında gelen karbondioksit (CO<sub>2</sub>) değeri, atmosferde her yıl yaklaşık 2 ppm artış göstermektedir. Güncel rakamlarla 2023 yılında 420.52 ppm olan CO<sub>2</sub> değeri, 2024 yılında 423.43 ppm olarak kaydedilmiştir (NOAA, 2024). Doğal kaynaklardan orman alanları karbonun depolandığı karasal ekosistemlerin başında gelmektedir (Suryawanshi ve ark., 2014). Orman alanları karbon bağlama ve depolama işlevleriyle diğer karasal ekosistemlerden daha değerlidir (Kocaman ve Durkaya, 2020; Sakıcı ve ark., 2018). Orman ekosistemleri, ağaçlardaki bitkisel kütle birikimi sayesinde, önemli miktarda karbon depolanmasına yardımcı olmaktadır (Sharma ve ark., 2020).

Orman alanlarında karbon ölçümleri ile atmosfere yapılan karbon emisyonları ilişkilendirildiğinde, ilgili hesaplamaların iklim değişikliği ile mücadelede etkili olduğu bilinmektedir (Özdemir ve ark., 2024). Ormanlardaki karbon tutma kapasitesinin belirlenmesine yönelik yapılan ölçümler, ormanların en önemli karbon deposu olduğunu kanıtlamakta ve atmosfere gelecekte eklenecek karbondioksit miktarının azaltılabilmesinde kilit rol oynamaktadır (Bremer ve ark., 2020). Ormanlar bitkisel kütle birikimi dışında karbondioksit emilimi, karbon döngüsü içerisinde yer alma ve toprak karbonu açısından farklı şekillerde katkılar sunmaktadır. FRA (2010) verilerine göre küresel ölçekte ormanlardaki bitkisel kütlede 289 milyar ton, topraklarda 292 milyar ton, ölü odun olarak 33 milyar ton ve ölü örtüde 39 milyar ton olmak üzere toplam 652 milyar ton karbon stoku bulunmaktadır. Ormanların karbonla olan çok boyutlu ilişkisi birlikte değerlendirildiğinde, orman alanlarının iklim değişikliği ile mücadelede önemli araçlar arasında yer aldığını söylemek mümkündür. Bu manada ormanların etkin biçimde kullanılmasında orman alanlarının korunması, fonksiyonel şekilde planlanması ile sürdürülebilir yönetimi önemlidir.

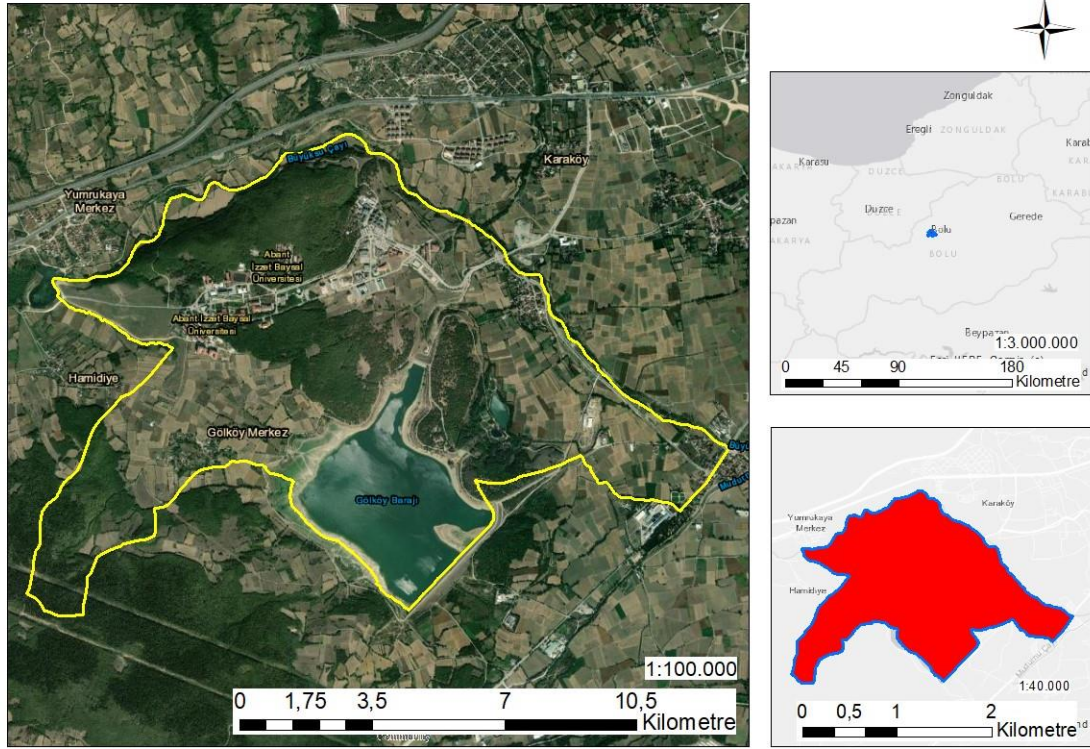
Eğitim kurumları, özellikle üniversite kampüsleri, karbon depolama sürecinde önemli bir role sahiptir. Üniversiteler, tüm olanakların yalnızca kampüs içerisinde bulunması nedeniyle "mini şehirler" veya "küçük ölçekli şehirler" olarak adlandırılmaktadır (Nandal ve ark., 2023; Wibowo ve ark., 2019). Literatürde farklı kampüs alanlarının karbon depolama

miktarlarının belirlenmesine ilişkin araştırmalar yapılmıştır (Gonzalez-Garcia ve ark., 2023; Bremer ve ark., 2020; Agostino, 2020; Gratani ve ark., 2018; Ritchie, 2017; Dilaver ve ark., 2017; Marak ve Khare, 2017; Gavali ve Shaikh, 2016; Das ve Mukherjee 2015; Suryawanshi ve ark., 2014; Padmaningsih, 2015; Ahmedin ve ark., 2013). Bu çalışmanın amacı da hem literatüre katkı sağlamak hem de Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi (BAİBÜ) kampüsünde bulunan orman alanlarında depolanan karbon miktarını 2009-2019 yılları için belirlemek ve değişimleri ortaya koyarak, karbon depolama işlevinin devamlılığını sağlamaya yönelik öneriler geliştirmektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma alanının tanıtımı

Çalışma alanı olan BAİBÜ, 1992 yılında kurulmuş olup, Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde Bolu Orman Bölge Müdürlüğü Bolu Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Yeşildağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1). Üniversitenin merkez kampüsü olan Gököy yerleşkesi kentin kuzeybatısında bulunmakta olup, coğrafi konum olarak 40.7177° Kuzey enlem ile 31.6075° Doğu boylamında yer almaktadır. Bolu'nun iklimi Batı Karadeniz ve Karadeniz iklim tipleri içerisinde yer almaktadır. Bolu'da yıllık ortalama sıcaklık 10.5°C olup, yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 139.7'dir (MGM, 2024). BAİBÜ ana kampüs alanı 1063.5 ha olup, bunun içerisinde %28.82'sine karşılık gelen 306.8 ha orman alanı bulunmaktadır. Kampüs alanı içerisinde sarıçam (*Pinus sylvestris*), karaçam (*Pinus nigra*), gürgen (*Carpinus betulus*), meşe (*Quercus* sp.), göknar (*Abies* sp.), kayın (*Fagus* sp.) türleri bulunmaktadır. Bu türler alanda saf ve karışık meşcereler oluşturmaktadır.



Şekil 1. BAİBU kampüs alanı haritası.

## 2.2. Karbon depolama miktarlarının hesaplanması

Bu çalışmada Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının (ETFOP) Düzenlenmesine Ait Usul ve Esasları içeren 299 No.lu tebliğe göre, BAİBÜ kampüs alanındaki ormanların bitkisel kütlede depolanan karbon miktarları hesaplanmıştır (OGM, 2017). Alan içerisinde Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı Amenajman Başmühendislikleri tarafından hazırlanan sayısal meşcere haritaları ve Amenajman Plan Programları üzerinde yer alan envanter noktalarına ait veriler yardımıyla türlerin bitkisel kütle ve hacim hesapları 2009 ve 2019 yılları için ayrı ayrı hesaplanarak veri setleri oluşturulmuştur. Yeşildağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki bölmelerin verim gücünün birbirinden farklı olması nedeniyle, yalnızca kampüs alanının bulunduğu bölmelerde çalışılmış (32,33,34,35,36,37,38), hektardaki servet yerine nokta verisi kullanılmıştır. Envanter noktalarından elde edilen veriler kullanılarak, plan ünitesindeki her 300x300 metrelik alanda, kapalılığa bağlı olarak farklı büyüklüklerde (400 m<sup>2</sup>, 600 m<sup>2</sup>, 800 m<sup>2</sup>) örnek alanlar belirlenmiştir. Bu örnek alanlar içerisine giren bireylerin hacimleri, amenajman planında bulunan dikili gövde hacim tabloları yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplamalar normal kapalı (verimli) orman alanları üzerinden yapılmıştır. Boşluklu kapalı (bozuk) ormanlar için amenajman planlarında servet değerleri bulunmakla beraber, çap değerleri belirtilmediği için BEF yönteminde bozuk meşcereler hesaplamaya

dahil edilmemektedir. Çalışma kapsamında ayrıca canlı bitkisel kütledeki karbonun değişimi belirlenmek istendiğinden ağaçsız orman alanları, ölü örtü, ölü odun ve toprak karbonu hesaplamalara dahil edilmemiştir.

IPCC kılavuzunda orman envanterinde çoğunlukla kabuklu gövde odunu hacim değerleri üzerinden hesaplamalar yapılmaktadır. Bu kapsamda gövde odunu hacim ağırlığı (HA), bitkisel kütle genişletme katsayıları (BEF), kök/sak oranı (R) kullanılarak toplam bitkisel kütle miktarına ulaşılmaktadır (IPCC, 2006). Karbon envanterinde ilk adım gövde odunu hacminin, gövde odunu bitkisel kütlelerine dönüştürülmesidir. Toplam canlı bitkisel kütle hesabında toprak üstü ve toprak altı olmak üzere iki hesaplama yapılmaktadır. Toprak üstü bitkisel kütle gövde odunu bitkisel kütlelerinin BEF katsayıları ile çarpılması sonucunda hesaplanmaktadır. Toprak altı bitkisel kütle miktarı ise, toprak üstü bitkisel kütle değerlerinden kök/sak oranları (R) kullanılarak hesaplanır (Çizelge 1). Ardından karbon faktörü (CF) kullanılarak bitkisel kütledeki toplam karbon stoku hesaplanır (Asan, 1995; Tolunay, 2013; OGM, 2017). Orman ekosistemlerinde karbon miktarı;

1. Toprak üstü ve altındaki canlı bitkisel kütle
2. Canlı bitkisel kütle içindeki karbon miktarı
3. Ölü odun içindeki karbon miktarı
4. Ölü örtü içindeki karbon miktarı
5. Orman toprağı içindeki karbon miktarı ile hesaplanmaktadır (OGM, 2017).

Bu çalışmada BAİBÜ kampüs alanının orman alanındaki karbon yutak kapasitesi canlı biyokütledeki yani toprak üstü (TÜB) ve toprak altı (TAB) canlı bitkisel kütle için hesaplanmıştır. Bu işlemde öncelikle toprak üstü canlı bitkisel kütle hesaplanmakta, sonra hesaplanan bu TÜB değerine bağlı olarak toprak altı canlı bitkisel kütle hesaplanmaktadır. Toprak üstü bitkisel kütle (TÜB) hesabında;

$$(1) T\ddot{U}B = DGH \times HA \times BEF$$

formülü kullanılmaktadır. Bu formülde (1);

*DGH*: Her ağaç türü veya ağaç türü grubu için toplam dikili kabuklu gövde hacmini (m<sup>3</sup>),

*HA*: Her tür veya tür grubu için kabuklu gövde odunu hacim ağırlığını (t/m<sup>3</sup>) ve

*BEF*: Her ağaç türü veya ağaç türü grubu için dikili kabuklu gövde odunu hacmine karşılık gelen bitkisel kütle toprak üstü toplam bitkisel kütleyle çevirmek için kullanılan genişletme faktörlerini ifade etmektedir. Toprak altı canlı bitkisel kütle (TAB) hesabında;

$$(2) TAB = T\ddot{U}B \times R$$

formülü kullanılmaktadır. Bu formülde (2);

*R*: Ağacın toprak üstü bitkisel kütesinden kök bitkisel kütesini hesaplama katsayısı olup, kök/sak oranı şeklinde ifade edilmektedir.

### Çizelge 1. Karbon hesaplamasında kullanılan bitkisel kütle katsayıları.

Vejetasyon tipi	Gövde odunu hacim ağırlığı (t/m <sup>3</sup> ) (Tolunay, 2013)	BEF katsayıları (Tolunay, 2019)	R katsayıları (FRA, 2010)
İbreliler	0.446	1.212	0.29
Yapraklılar	0.541	1.310	0.24

2009 ve 2019 yıllarında yapılan envanterlerdeki ağaç serveti değerlerinden karbon stokları belirlendikten sonra yıllık karbon stok değişimi IPCC'nin 2003-2006 kılavuzuna göre hesaplanmıştır. Buna göre canlı bitkisel kütledeki karbon stok değişimi (t/ha/yıl):

$$(3)\Delta C = (C2019 - C2009)/(T2 - T1)$$

formülü ile hesaplanmıştır. (3) Formülde C2019 ve C2009 ilgili yıllardaki karbon değerlerini, T2 ve T1 ise değişimin esas alındığı süre olan yıl değerini ifade etmektedir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. BAİBU kampüs alanında 2009-2019 yılları arasındaki alansal değişim

BAİBÜ kampüs alanının 2009-2019 yılları arasındaki alansal değişim amenajman plan verilerinden yararlanarak hesaplanmıştır. Kampüste alan kullanımı; orman alanı, ziraat alanı, iskan alanı ve su alanları kapsamında değerlendirilmiştir (Çizelge 2). Buna göre kampüs orman alanı 2009 yılında 313.7 ha iken, 2019 yılında 306.8 ha'a düşmüş olup toplam 6.9 ha azalma olmuştur. Bu da kampüs orman alanının 10 yıllık süreçte %2.20 azaldığını göstermektedir. Ağaçsız orman alanına bakıldığında 2009 yılında 114.6 ha iken, 2019 yılında toplam 43.2 ha'lık bir azalma ile 71.4 ha olmuştur. Bu azalma toplam ağaçsız orman alanında %37.6'lık bir orana karşılık gelmektedir. Kampüs alanı içerisinde 2009 yılında mera alanı bulunmamakta olup, 2019 yılında 38.6 ha mera alanı olduğu görülmektedir. Ağaçsız orman alanındaki azalma ilgili alanların mera alanı olarak değiştirilmesinden kaynaklı olup, kampüs alanı içerisinde alan kullanım değişikliği olduğu görülmektedir.

BAİBÜ kampüs alanı içerisindeki ziraat alanlarına bakıldığında 2009 yılında 395.7 ha olan ziraat alanı, 2019 yılında 35.7 ha artarak 431.4 ha olmuştur. Böylece ziraat alanı toplam %9.02 artmıştır. İskan alanlarına bakıldığında ise 2009 yılında 88.5 ha iken 2019 yılında 47.6 ha artmış ve toplam iskan alanı 136.1 ha olmuştur. Bu da kampüs alanı içerisinde iskan alanlarının on yıllık süreçte %53.8 arttığını göstermektedir. Kampüs alanı içerisinde su alanı

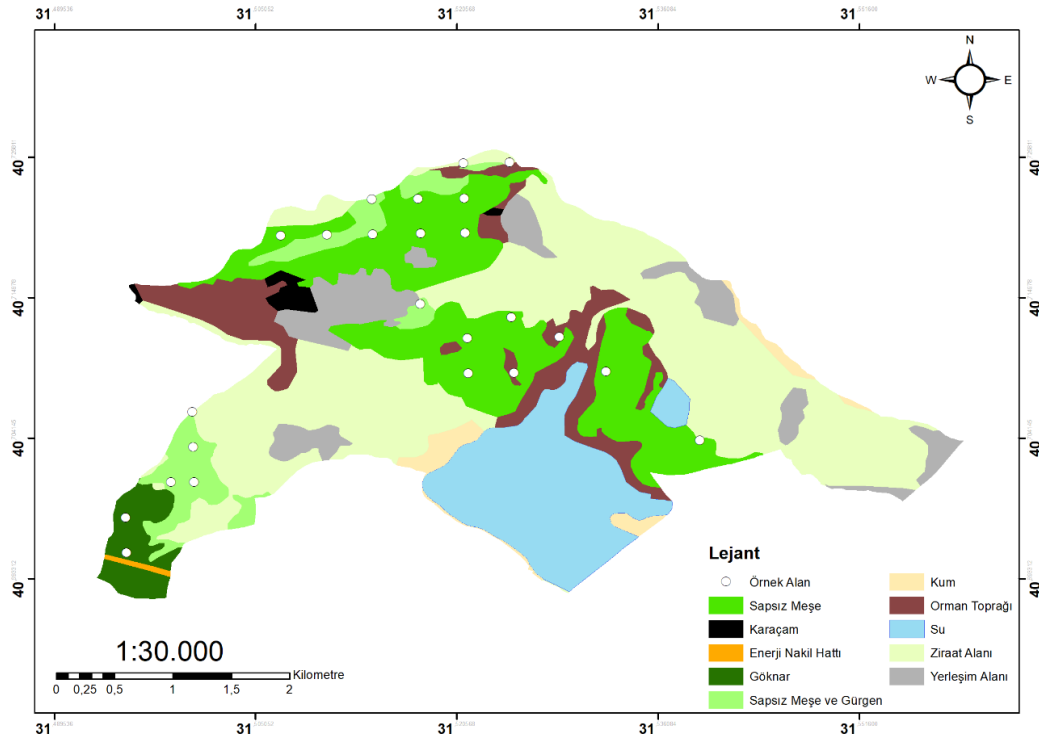
(göl, baraj) 2009 yılında 144.6 ha iken, 2019 yılında 26.8 ha azalma ile 117.8 ha'a düşmüştür. Su alanlarındaki azalma %18.5'tir.

### Çizelge 2. BAİBÜ kampüs alanı değişimleri (2009-2019).

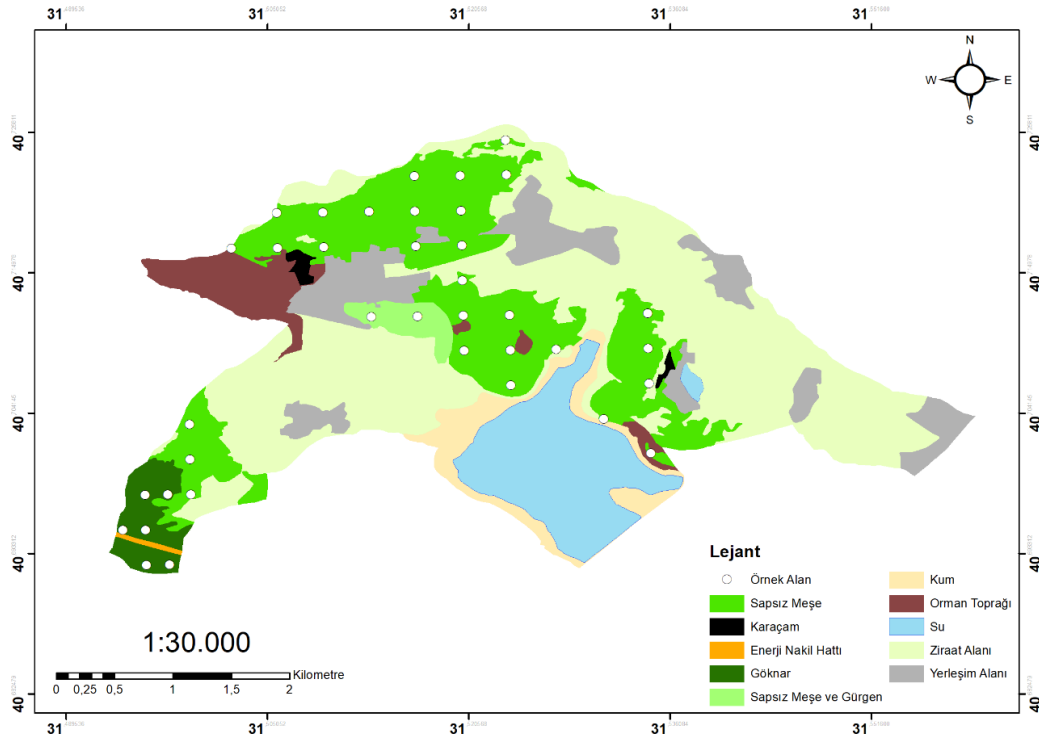
Kampüs alanı	2009 (ha)	2019 (ha)	Değişim (ha)	%
Orman alanı (ağaçlı)	313.7	306.8	-6.9	-2.20
Orman alanı (ağaçsız)	114.6	71.4	-43.2	-37.70
Mera	0	38.6	38.6	100.00
Ziraat alanı	395.7	431.4	35.7	9.02
İskan alanı	88.5	136.1	47.6	53.79
Su alanı (göl, baraj)	144.6	117.8	-26.8	-18.53

### 3.2. BAİBU kampüs orman alanlarının karbon yutak kapasitesi ve karbon stok değişimi

BAİBÜ kampüs alanının 2009 ve 2019 yıllarına ait alan kullanım ve ağaç türü dağılım haritasında ibrelili, yapraklı ve karışık ormanlar ile çeşitli arazi kullanım alanları verilmiştir. Bu alanlar aynı harita üzerinde gösterilmiştir. Buna göre kampüs alanında kum, orman toprağı, su, ziraat alanı, yerleşim alanları, enerji nakil hattı ile ibrelili, yapraklı ve ibrelili-yapraklı türlerden oluşan karışık orman alanları bulunmaktadır. Orman alanları içerisinde ise karaçam, sapsız meşe, göknar ile sapsız meşe-gürgen karışık meşcerelerine ait veriler bulunmaktadır (Şekil 2, Şekil 3).



Şekil 2. 2009 yılı BAİBU alan kullanım ve ağaç türü dağılım haritası.



**Şekil 3.** 2019 yılı BAİBU alan kullanım ve ağaç türü dağılım haritası.

Kampüs alanının 2009 yılı toplam orman alanı 313.7 ha olup, alanda en fazla bulunan tür sapsız meşedir (%63.5). Bunu sırasıyla sapsız meşe-gürgen karışık meşçeresi (%19.3), göknar (%8.3) ve karaçam (%2.6) meşçereleri takip etmektedir. Kampüs alanının 2019 yılı toplam orman alanı 306.8 ha olup, kampüs alanında en fazla bulunan tür sapsız meşedir (%35.5). Bunu sırasıyla sapsız meşe-gürgen karışık meşçeresi (%19.2), göknar (%10.1) ve karaçam (%1.5) takip etmektedir. Yıllara göre türlerin alansal değişimine bakıldığında karaçam (%42.7), sapsız meşe (%45.3), sapsız meşe-gürgen karışık meşçeresinde (%2.4) azalma olduğu görülmektedir. 10 yıllık periyotta alan olarak en fazla azalma sapsız meşede görülmektedir. Diğer türlerden farklı olarak göknar meşçeresi (%19.7) alan olarak artmıştır (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** 2009-2019 yıllarına ait meşçere tipi alan büyüklükleri.

Meşçere tipi	2009 yılı Toplam orman alanı 313.7 ha		2019 yılı Toplam orman alanı 306.8 ha	
	Alan (ha)	Yüzde (%)	Alan (ha)	Yüzde (%)
Karaçam	8.2	2.6	4.7	1.5
Sapsız meşe	199.2	63.5	108.9	35.5
Göknar	25.9	8.3	31.0	10.1
Sapsız meşe-gürgen	60.5	19.3	59.0	19.2

BAİBÜ kampüs alanındaki meşcere tiplerine göre toplam karbon stok değerleri Çizelge 4’te verilmiştir. Çalışma alanı ibrelili ve yapraklı türlerin olduğu saf ve yapraklı türler arası karışık meşcerelerde oluşmaktadır. 2009 yılında orta yaşlı seçme ormanı olarak tanımlanan GC meşceresi 2019 yılında genç, orta yaşlı, yaşlı seçme ormanları karışımından oluşan GD aktüel seçme ormanına dönüşmüştür. 2009 yılında karbon değeri en fazla GC meşceresi olup (79.506 t C/ha), GC meşceresinin sırasıyla Mbc3, MGnbc3, GnMbc3, Mb3 meşcereleri takip etmektedir. 2009 yılı için karbon değeri en düşük olan meşcere Mbc2’dir (3.010 t C/ha). 2019 yılına bakıldığında GD meşceresi 54.261 t C/ha ile en fazla karbon tutan meşcere olmuştur. GD meşceresinin sırasıyla Mzbc3, GnMzbc3, MzGnbc3 meşcereleri izlemektedir. 2019 yılında karbon değeri en az olan meşcere hektardaki serveti en az olan GnKnbc3 meşceresidir (1.270 t C/ha).

**Çizelge 4. BAİBÜ kampüs alanı karbon stok değerleri.**

2009							
Meşcere tipi	Hektardaki ağaç serveti m <sup>3</sup> /ha	(TÜB) t/ha	(TÜK) t C/ha	(TAB) t/ha	(TAK) t C/ha	(TÜB+TAB) t/ha	(TÜK+TAK) t C/ha
GC	254.604	121.037	61.669	35.002	17.837	156.038	79.506
GnMbc3	141.542	19.814	9.511	9.511	2.283	24.570	11.794
Mb3	105.083	13.230	6.351	6.351	1.524	16.406	7.875
Mbc2	52.250	5.058	2.428	2.428	0.583	6.271	3.010
Mbc3	178.889	31.875	15.300	15.300	3.672	39.525	18.972
MGnbc3	152.469	28.016	13.448	13.448	3.227	34.740	16.675
2019							
Meşcere tipi	Hektardaki ağaç serveti m <sup>3</sup> /ha	(TÜB) t/ha	(TÜK) t C/ha	(TAB) t/ha	(TAK) t C/ha	(TÜB+TAB) t/ha	(TÜK+TAK) t C/ha
GD	171.611	82.567	42.081	23.897	12.181	106.464	54.261
GnKnbc3	47.000	2.133	1.024	0.512	0.246	2.645	1.270
GnMzbc3	157.167	30.193	14.492	7.246	3.478	37.439	17.971
Mzbc3	157.271	40.640	19.507	9.754	4.682	50.394	24.189
MzGnbc3	128.167	26.593	12.765	6.382	3.064	32.976	15.828

TÜB: Hektardaki ortalama toprak üstü bitkisel kütle, TÜK: Hektardaki ortalama toprak üstü karbon, TAB: Hektardaki ortalama toprak altı bitkisel kütle, TAK: Hektardaki ortalama toprak altı karbon, TÜB+TAB: Hektardaki ortalama bitkisel kütle, TÜK+TAK: Hektardaki ortalama karbon.

Tek ağaç düzeyine göre yapılan ölçümlerde örnek alanlardan 2009 yılında 1217 birey, 2019 yılında ise 1190 bireyin çap değerlerine göre hesaplamaları yapılmıştır. 2009 yılında kampüs alanında bulunan 49 cm çapındaki göknar bireyinin karbon değeri (TÜK+TAK) 1.659kg C/ağaç ile en yüksek olarak hesaplanmıştır. 2019 yılında ise Mzbc3 meşceresinde bulunan 57 cm çapındaki meşe bireyinin 2.553kg C/ağaç ile en fazla karbon değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Sonrasında yine kalın çaplı göknar bireyleri (44-47 cm) 1.172kg C/ağaç karbon değeri ile meşeyi takip etmişlerdir. Dilaver ve ark. (2017) Ankara



Üniversitesi kampüs alanında karbonun en fazla karaçamda depolandığını ve bu durumun nedeninin kampüste en çok bulunan türün karaçam olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Bunun aksine BAİBU kampüs alanında en fazla bulunan tür meşe olmasına rağmen, en fazla karbon göknar meşcerelerinde tutulmaktadır. Madrid Özerk Üniversitesi kampüs alanı içerisinde meşe türü, karbon depolama açısından önemli katkı sağlayan türlerin başında gelmektedir (Gonzalez-Garcia ve ark., 2023). Düzce ili orman alanlarında kayın (Değermenci, 2023), Akdeniz Ekolojik Bölgesi ormanlarında yapraklı meşcerelerde kızılâğaç, sığla ve dişbudak, iğne yapraklı meşcerelerde ise sedir, göknar ve karaçam en fazla karbon depolayan türler olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Pamukçu Albers ve ark., 2023).

BAİBÜ kampüs alanında 2009 yılında 24 farklı noktadan alınan örnek alanlara ilişkin yapılan hesaplamalarda, kampüs orman alanının 2009 yılı bitkisel kütlesi 52.00 t/ha ve toplam karbon değeri ise 25.73 t C/ha olarak bulunmuştur. Kampüs orman alanının 2009 yılı için toplam karbon stoku 8071.50 t olarak hesaplanmıştır. Amenajman planında 2019 yılına ait ölçümlerde ise BAİBÜ kampüs alanının 31 farklı noktasından alınan örnek alanlara ilişkin yapılan hesaplamalarda, BAİBÜ kampüs orman alanının toplam canlı bitkisel kütlesi 56.77 t/ha, toplam karbon değeri 27.86 t C/ha olarak bulunmuştur. Kampüs orman alanının 2019 yılı için toplam karbon stoku ise 8547.44 t olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda BAİBÜ kampüs orman alanında 10 yıllık süreçte toplam karbon stokunda 475.94 t artış olduğu görülmektedir. Padmaningsih (2015), Hollanda'da bulunan Twente Üniversitesi'nin yeşil alanlardaki karbon stokunu 12045.9 t olarak hesaplamıştır. Madrid Özerk Üniversitesi kampüs alanının yılda 124 t karbon tutma kapasitesi bulunmaktadır (Gonzalez-Garcia ve ark., 2023). Keleş ve ark. (2024) tarafından Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma Ormanı'nda yapılan çalışmada orman ağaçlarında depolanan karbon miktarı 15.619 t/ha olarak hesaplanmıştır. Literatürde kampüs alanları dışında orman alanlarının yutak kapasitelerini hesaplayan çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Değermenci (2023), Düzce ilinin boşluklu ve normal kapalı orman alanında toplam 6.71 Mt karbon depolandığını hesaplamıştır. Durkaya ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada Bartın Kent Ormanı'nda toprak üstü ve toprak altında depolanan karbon miktarı toplam 161.59 t/ha bulunmuştur.

Bu araştırma kapsamında 2009-2019 yılları arasında kampüs alanında bitkisel kütlerdeki artış %9.17 olup, toplam karbon miktarındaki artış %8.32'dir (Çizelge 5). Değermenci ve Zengin (2016) tarafından Daday planlama biriminde ormanlarda karbon birikiminin mekansal ve zamansal değişiminin incelendiği çalışmada benzer olarak hem bitkisel kütle hem de toplam karbon miktarında artış görülmekte olup, 10 yıllık süreçte

700.000 m<sup>3</sup> bitkisel kütle artışı olduğu hesaplanmıştır. Benzer şekilde Yaman ve Keleş (2023) tarafından Alara planlama biriminde orman ağaçlarında depolanan karbon miktarının zamansal değişiminin incelendiği çalışmada ise 21 yıllık süreçte bitkisel kütlede depolanan karbon miktarında %10 artış olduğu görülmektedir. Sivrikaya ve Bozali (2012) ise çalışmasında Türkoğlu planlama biriminde 1991 ile 2002 yılları arasında karbon miktarında %19.5 artış olduğunu belirlemiştir.

#### Çizelge 5. BAİBÜ kampüs alanı bitkisel kütle ve toplam karbon değerleri.

	2009	2019	Artış miktarı
Bitkisel kütle	52.00 t/ha	56.77 t/ha	%9.17
Toplam karbon	25.73 t C/ha	27.86 t C/ha	%8.32

Kampüs alanının 2009-2019 yıllarını kapsayan süreçte karbon stok değişimi, kampüs alanının 2019 yılındaki karbon miktarından 2009 yılındaki karbon miktarının çıkarılıp, zamansal değişim süreci olan 10 yıla bölünmesi ile hesaplanır. Buna göre kampüs alanının 10 yıllık periyotta bitkisel kütlede karbon stok değişimi;

$$\Delta C = (C_{2019} - C_{2009}) / (T_2 - T_1)$$

$$\Delta C = (27.86 - 25.73) / 10$$

$$\Delta C = 0.213 \text{ t/ha/yıl}$$

Karbon depolama açısından, atmosferden en fazla karbondioksiti hapseden ağaçlar en hızlı büyüyen ağaçlardır (hacim olarak). Okaliptüs, sedir, çınar, akçağaç gibi ağaçlar yılda 300 ila 550 kg arasında bir oranda karbondioksit hapsedebilir (Cox, 2012). Bu durumda ormanlarda tutulan toplam karbon, yıllık karbon depolama hesaplamasında bir dengeleme olarak uygulanabilir. Bunun için, kampüs ormanlarında her yıl tutulan karbon miktarı, ölçülen sera gazı emisyonlarından çıkarılarak kampüs karbon ayak izi azaltılabilir (Bremer ve ark., 2020). Kanada'da bulunan toplam alanı 38 ha olan Dalhousie Üniversitesi kampüs alanının yıllık karbon yutak kapasitesi, Dalhousie'nin yıllık sera gazı emisyonlarının %0.1'inden daha azdır. Bu durum kampüs orman alanının yutak alan kapasitesinin artırılmasının gerektiğini göstermektedir (Ritchie, 2017). Benzer şekilde Avusturalya'da bulunan Wollongong Üniversitesi ana kampüsündeki ağaçların 2020 yılı için karbon stoku yaklaşık 15.082 t olup, bu değer 2019 yılı için karbon emisyonlarının %0.68'ini telafi etmektedir (Agostino, 2020). BAİBÜ kampüs alanında 2009-2019 yıllarını kapsayan 10 yıllık süreçte yeni fakültelerin kurulması ile üniversite öğrencisi, akademik ve idari personel sayısında artış meydana gelmiştir. Bu durum kampüs alanı içerisinde fakülte, lojman, yurt, sosyal aktivite merkezi gibi yapıların da artmasına neden olmuştur. Bu kapsamda BAİBÜ

kampüs alanında 10 yıllık süreçte iskan alanlarında meydana gelen artışın (%53.7), emisyon miktarında da artışa neden olduğu düşünülmektedir. Kampüs kullanıcı kapasitesinin artması, bununla ilişkili olarak yapılaşmanın artması neticesinde kampüs alanında karbon stok kapasitesinin korunması ve arttırılması için çeşitli önemlerin alınması önemlidir. Değermenci ve Zengin (2016) araştırmasında bitkisel kütledeki artışta verimli ibrelili orman alanlarının artması, açıklık alanların orman örtüsü ile kaplanması, ılımlı silvikültürel müdahalelerin etkili olduğunu açıklamaktadır. Benzer şekilde Günlü ve ark. (2019) araştırmasında toprak üstü karbon miktarında meydana gelen artışın verimli orman alanlarının artması neticesinde hektardaki servetin artması ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Ormanlarda karbon stok miktarının artması amacıyla, daha fazla karbon tutan türlerle ağaçlandırma yapmak (Bremer ve ark., 2020), hızlı büyüme yeteneğine sahip ağaçlara öncelik vermek önemlidir (Ritchie, 2017). Bilindiği üzere ağaçlar karbonu atmosferden absorbe etme sürecini logaritmik bir desende gerçekleştirirler. Başlangıçta, orta yaşlı ağaçlar karbonu en yüksek seviyede alırlar. Zamanla ise yaşlandıkça, karbon alım hızları yavaşlar (Unwin ve Kriedemann, 2000). Bununla birlikte ağaçlarda karbon en fazla gövde odununda depolanmaktadır. Buna istinaden toplam bitkisel kütle ve karbon stok miktarının artmasında ileri yaşlı ağaçların sahada bırakılması önemlidir.

#### 4. Sonuçlar

İklim değişikliği ile mücadelede orman alanlarının fonksiyonu ve etkinliği bilinmektedir. Bu noktada kampüs alanlarının planlanması ve yönetilmesinde orman alanlarının iklim değişikliğindeki rolünün dikkate alınması önemlidir. Bu çalışmada BAİBÜ kampüs alanının 2009 ve 2019 yıllarına ait amenajman planlarındaki verilerden yola çıkarak alan kullanım değişimleri belirlenmiş olup, bununla birlikte kampüs orman alanlarındaki toplam bitkisel kütle ve toplam karbon stok değerleri hesaplanmıştır. Buna göre kampüs toplam orman alanı, ağaçsız orman alanı ve kampüsteki su alanlarında azalmaların olduğu görülmektedir. Bu alanlar içerisinde en fazla azalma ağaçsız orman alanında olmuştur. Sayısal veriler 10 yıllık süreçte kampüs alanı içerisinde arazi kullanım değişikliği olduğunu göstermektedir. Bu değişikliğin ağaçsız orman alanlarının mera ve ziraat alanlarına dönüştürülmesinden kaynaklı olduğu görülmektedir. Kampüs alanı içerisinde su alanlarındaki %18.5'lik azalma kritiktir. Bu konuda su havzalarının iyileştirilmesi, su kullanımının kapsamı ve niteliğinin değerlendirilmesi ile gerekli müdahalelerin yapılması önemlidir. Kampüs içerisinde iskan alanlarının yeşil kampüs kriterleri kapsamında iyileştirilmesi iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir adımdır. Ormanların CO<sub>2</sub>

emisyonlarını dengeleyerek karbonu bitkisel kütlede depolaması, emisyonların bir kısmının bu alanlar tarafından telafi edilebileceğini göstermektedir. Bu çalışmada ele alınmayan ancak toplam emisyonların orman alanları tarafından ne ölçüde telafi edildiğini incelemek, başka bir araştırma kapsamında değerlendirilmesi gereken önemli bir konudur.

Bu araştırmanın sonuçları karbon yutak kapasitesi büyüklüğünün ağaç türünden çok çap büyüklüğüne göre arttığını ortaya koymaktadır. Bu türlerin ve meşcere tiplerinin karbon tutma kapasitelerinin yüksek olması, örnek alanlarının içerisine düşen bireylerin en kalın gövde çapına sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Kampüs içerisinde alan kullanım planlamasında özellikle iyi gövde gelişimi göstermiş ileri yaşlı ağaçların sahada korunması önemlidir. İklim değişikliği ile mücadele kapsamında emisyon ticaret sistemine yönelik girişimlerde kolaylık sağlaması adına, kampüs alanına yönelik veri tabanı oluşturulması uzun vadede katkı sağlayacaktır. Son olarak literatür incelendiğinde orman alanlarında karbon yutak kapasitesini hesaplamaya yönelik uzaktan algılama yöntemlerinin kullanıldığı güncel çalışmaların olduğu görülmektedir (Günlü ve ark., 2021; Keleş ve ark., 2021; Bulut ve ark., 2022; Değermenci, 2022; Sivrikaya ve Demirel, 2022; Değermenci ve Zengin, 2023; Güverçin ve Günlü, 2023). Bu doğrultuda BAİBÜ kampüs orman alanında uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak karbon yutak kapasitesinin hesaplanması ve çıkan sonuçlar ile bu araştırmanın sonuçlarının kıyaslanmasının literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## **Teşekkür**

Bu çalışmada amenajman planlarına ilişkin kullanılan veriler Orman Genel Müdürlüğü tarafından paylaşılmış olup, desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Agostino, N. J. (2020). *The potential of carbon sequestration in trees on the University of Wollongong campus as a means of offsetting emissions* [Honours Theses]. University of Wollongong.
- Ahmedin, A. M., Bam, S., Siraj, K. T., & Raju, A. J. S. (2013). Assessment of biomass and carbon sequestration potentials of standing *Pongamia pinnata* in Andhra University, Visakhapatnam, India. *Bioscience Discovery*, 4(2), 143-148.
- Asan, Ü. (1995). Global iklim değişimi ve Türkiye ormanlarında karbon birikimi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 45(1-2), 23-38.
- Bremer, M., Frisa, E., Maccarone, R., & Seif, D. (2020). Campus forest carbon sequestration: An undergraduate project experience. *Journal of Sustainability Education*, 24.
- Bulut, S., Sivrikaya, F., & Günlü, A. (2022). Evaluating statistical and combine method to predict stand above-ground biomass using remotely sensed data. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(9), 838.
- Cox, H. M. (2012). A sustainability initiative to quantify carbon sequestration by campus trees. *Journal of Geography*, 111(5), 173-183.
- Das, M., & Mukherjee, A. (2015). Carbon Sequestration potential, its correlation with height and girth of selected trees in the Golapbag Campus, Burdwan, West Bengal (India). *Indian Journal of Scientific Research*, 10(1), 53-57.
- Değermenci, A. S., ve Zengin, H. (2016). Ormanlardaki karbon birikiminin konumsal ve Zamansal değişiminin incelenmesi: Daday Planlama Birimi örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(2), 177-187.
- Değermenci, A. S. (2022). Determining the Effects of changes in land use on carbon amount in above-ground biomass with NDVI. *Global NEST Journal*, 25(3).
- Değermenci, A. S. (2023). Düzce ili karasal karbon kapasitesinin belirlenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(1), 99-110.
- Değermenci, A. S., & Zengin, H. (2023). Determination of carbon storage amounts in above-ground biomass using NDVI based on land use/land cover classes in Bolu. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 24(1), 64-74.
- Dilaver, Z., Yuksel, U. D., & Yilmaz, F. C. (2017). Contribution of university campuses to climate change mitigation: Ankara University Tandogan campus case. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(12), 7018-7024.

- Durkaya, B., Bekci, B., ve Varol, T. (2016). Bartın kent ormanının karbon tutma, oksijen üretimi ve rekreasyonel açıdan değerlendirilmesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(1).
- FRA, (2010). *Global forest resources assessment 2010* (s. 163) [Main report]. FAO.
- Gavali, R. S., & Shaikh, H. M. Y. (2016). Estimation of carbon storage in the tree growth of Solapur University Campus, Maharashtra, India. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(4), 2364-2367.
- González-García, A., Aguado, M., Solascasas, P., Palomo, I., González, J. A., García-Llorente, M., Hevia, V., Olmo, R. M., López-Santiago, C. A., Benayas, J., & Montes, C. (2023). Co-producing an ecosystem services-based plan for sustainable university campuses. *Landscape and Urban Planning*, 230, 104630.
- Gratani, L., Pepe, M., Spoletini, A., & Varone, L. (2018). Carbon sequestration capability provided by different types of green areas in Rome. İçinde *In World Forum on Urban Forests-Book of abstracts* (s. 236). <https://hdl.handle.net/11573/1290949>.
- Günlü, A., Göl, C., & Sarıçam, F. (2019). The Evaluation of temporal and spatial change of aboveground stand carbon: A case study of Upstream of The Göksu River Basin. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormançılık Dergisi*, 20(4), 352-359.
- Günlü, A., Keleş, S., Ercanli, I., & Şenyurt, M. (2021). Estimation of aboveground stand carbon using landsat 8 OLI satellite image: A case study from Turkey. *Spatial modeling in forest resources management: Rural livelihood and sustainable development*, 385-403.
- Güverçin, İ., ve Günlü, A. (2023). Saf kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde aktif ve pasif uydu görüntüleri kullanılarak topraküstü biyokütlenin tahmin edilmesi (Anamur Orman İşletme Şefliği Örneği). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 25(1), 177-191.
- IPCC, (2006). *Guidelines for national greenhouse gas inventories*. [http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_04\\_Ch4\\_Forest\\_Land.pdf](http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf).
- Keleş, N. N., Tepebaş, B., ve Keleş, S. (2024). Orman ağaçlarında depolanan karbon ve üretilen oksijen miktarının zamansal değişiminin analizi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 16-21.
- Keleş, S., Günlü, A., & Ercanli, İ. (2021). Estimating aboveground stand carbon by combining Sentinel-1 and Sentinel-2 satellite data: A case study from Turkey. İçinde *Forest Resources Resilience and Conflicts* (ss. 117-126). Elsevier.

- Kocaman, M., ve Durkaya, B. (2020). Karbon depolama miktarlarının zamansal değişimi. *Bartın Orman Fakóltesi Dergisi*, 22(2), 591-603.
- Marak, T., & Khare, N. (2017). Data from: Carbon content of tree tissues: A synthesis. *International Journal for Scientific Research & Development*, 5(6), 63-65.
- MGM, (2024). *İllere ait mevsim normalleri*. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BOLU>. Erişim Tarihi: 27.04.2024.
- Nandal, A., Yadav, S. S., & Nath, A. J. (2023). Trees outside forests as climate change mitigation champions: Evaluating their carbon sequestration potential and monetary value in Maharshi Dayanand University, Rohtak (Haryana), India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(8), 995.
- NOAA, (2024). *Global Monitoring Laboratory, Trends in Atmospheric Carbon Dioxide (CO2)*. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/> Erişim Tarihi:18.05.2024.
- OGM, (2017). *Orman Genel M¼d¼rl¼ę¼, Ekosistem tabanlı fonksiyonel orman amenajman planlarının d¼zenlenmesine ait usul ve esaslar*. 8.
- Özdemir, E. G., Zengin, T. U., ve Güleç, H. A. (2024). Orman ekosistemindeki ağaç boylarının, optik, radar, lazer altimetre uydu verileri ve yardımcı kaynaklar kullanılarak Google Earth Engine platformunda modellenmesi. *Geomatik*, 9(2), 259-268.
- Padmaningsih, A. T. (2015). *Carbon balance for sustainable land use scenarios and a green campus at the University of Twente*. University of Twente.
- Pamukçu Albers, P., Balkiz, Ö., Çağlayan, S. D., Bucak Onay, T., Çalişkan, B. K., Ülker, E. D., Bilgin, G. D., Lise, Y., Zeydanli, U. S., & Özdemir, E. (2023). Üst ölçekli planlama kapsamında Türkiye'deki Akdeniz Ekolojik Bölgesi ormanlarında karbon tutumu. *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormancılık Dergisi*, 24(4), 346-366.
- Ritchie, Y. (2017). *Investigating the carbon sequestration and storage capacity of trees in a university campus environment*. Environmental Science Undergraduate Honours Thesis, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada. <http://hdl.handle.net/10222/76521>.
- Sakıcı, O. E., Seki, M., & Sağlam, F. (2018). Above-ground biomass and carbon stock equations for Crimean pine stands in Kastamonu region of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(10), 7079-7089.
- Sharma, R., Pradhan, L., Kumari, M., & Bhattacharya, P. (2020). Assessment of carbon sequestration potential of tree species in Amity University Campus Noida. *The 1st*

*International Electronic Conference on Forests&mdash;Forests for a Better Future: Sustainability, Innovation, Interdisciplinarity*, 3(1), 52.

- Sivrikaya, F., ve Bozali, N. (2012). Karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi: Türkoğlu planlama birimi örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14(1. Special Issue), 69-76.
- Sivrikaya, F., & Demirel, D. (2022). Estimation of aboveground carbon storage based on remote sensing and inventory data: A case study from Türkiye. *Journal of Biometry Studies*, 2(2), 78-86.
- Suryawanshi, M. N., Patel, A. R., Kale, T. S, K., & Patil, P. R. (2014). *Carbon sequestration potential of tree species in the environment of North Maharashtra University campus, Jalgaon (MS) India*. 5(2), 175-179.
- Tolunay, D. (2013). Türkiye’de ağaç servetinden bitkisel kütle ve karbon miktarlarının hesaplamasında kullanılabilir katkılar. *Ormanlıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. Ormanlıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu, Antalya.
- Tolunay, D. (2019). Biomass factors used to calculate carbon storage of Turkish forests. *Forestist*, 69(2), 144-155.
- Unwin, G. L., & Kriedemann, P. E. (2000). Principles and processes of carbon sequestration by trees. *Research and Development Division, State Forests of New South Wales*.
- Wibowo, A., Yussof, M. M., Hamzah, T. A. A., & Salleh, K. O. (2019). Urban heat signature impact on university campus. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 338(1), 012027.
- Yaman, Y., ve Keleş, S. (2023). Orman ağaçlarında depolanan karbon miktarının konumsal ve zamansal değişiminin analiz edilmesi: Alara planlama birimi örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 28-41.



## Kıyı Peyzajlarının Karakterizasyonu: Güney Antalya, Beldibi-Demre Arası Bir Kesit\*

### Characterization of Coastal Landscapes: A Transect Between Beldibi-Demre in Southern Antalya

 Gamze BANOĞLU<sup>1</sup>,  Emrah YILDIRIM<sup>2</sup>

#### Özet

Bu çalışmada, Türkiye'nin en uzun kıyılarından birine sahip Antalya'nın güney kesiminde çok farklı kıyı özellikleri ile öne çıkan Beldibi ile Demre arasında kıyı peyzajlarının karakterizasyonu; topoğrafya, jeoloji, arazi kullanımı ve vejetasyon haritalarından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Doğal limanları, plajları, deltaları, kayalık ve düzlükleri ile zengin bir kıyı yapısına sahip kıyı peyzajlarının sınıflamasında 10 adet peyzaj karakter tipi elde edilirken; kıyı peyzajları karakterlerinin yerinde analizi sonucunda bölgeye özgü 9 farklı kıyı peyzaj tipolojisi tanımlanmıştır.

Çalışma sonuçları kıyı peyzajlarının karakterizasyonunda doğal verilerin yanı sıra özellikle suyun kara ile bulunduğu kıyı zonu karakterlerinin öne çıktığını göstermiştir. Sonuçta; sürdürülebilir ve entegre kıyı yönetimi açısından kıyı peyzaj tipolojisinin kendine özgü karakterleri dikkate alan öneriler getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kıyı peyzajları, peyzaj karakteri, peyzaj karakterizasyonu, Güney Antalya.

#### Abstract

In this study, the characterization of coastal landscapes between Beldibi and Demre, which stand out with their very different coastal features in the southern part of Antalya, which has one of the longest coasts in Turkey, was carried out using topography, geology, land use and vegetation maps. While 10 landscape character types were obtained in the classification of coastal landscapes with a rich coastal structure with natural harbors, beaches, deltas, rocks and plains; 9 different coastal landscape typologies specific to the region were defined as a result of the on-site analysis of coastal landscape characters.

The study results showed that in addition to natural data, coastal zone characters, especially where water meets land, are prominent in the characterization of coastal landscapes. As a result, suggestions were made that take into account the unique characteristics of the coastal landscape typology in terms of sustainable and integrated coastal management.

**Keywords:** Coastal landscapes, landscape character, landscape characterization, Southern Antalya.

Geliş Tarihi: 20.08.2024, Düzeltme Tarihi: 19.09.2024, Kabul Tarihi: 18.10.2024

Adres: <sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı ABD, Antalya

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Antalya

E-mail: eyildirim@akdeniz.edu.tr (Sorumlu Yazar)

\*Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda "Antalya Beldibi-Demre arası kıyı peyzajları karakterlerinin tanımlanması" isimli Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

## 1. Giriş

Peyzaj insanlar tarafından algılandığı şekliyle, özellikleri insan ve/veya doğal faktörlerin etkileşimi ve faaliyetleri sonucu oluşan alanlardır (Council of Europe, 2000; Resmi Gazete, 2003). İnsanların etkileşim içinde oldukları peyzajlardan biri kıyı alanlarıdır ve bu etkileşim kıyılara çok farklı karakterler kazandırırken kıyıların doğal, tarihi, kültürel bağlamdaki karakterleri ile ele alınması ihtiyacını doğurmaktadır.

Kıyı dinamik bir yerdir ve dinamizmi etkilere ve değişimlere karşı hassastır (Bird, 2008; Pawlukiewicz ve ark., 2007). Pawlukiewicz ve ark. (2007) kıyı alanlarının diğer peyzajlar içerisinde en kırılgan ekosistemlerden birine sahip olduğunu vurgulamaktadır. İnsan kullanımları kıyı peyzajlarını kırılgan hale getirirken, kıyı şeridi çevresel faktörlerden güçlü bir şekilde etkilenmektedir.

Kara ve suyun birleştiği kıyı peyzajları geçmişten günümüze başta yerleşimler, ulaşım, gıda üretimi için uygun alan seçiminde stratejik rol oynamışlardır. İnsanları su ile buluşturan doğal güzelliğinin yanı sıra gıda elde edilmesinde sunduğu katkılar, deniz ulaşımında gördüğü işlevler, turizm ve rekreasyon, savunma gereksinimleri için sağladığı uygun ortam, tarih boyunca kıyı peyzajlarına olan talebi artıran faktörlerin başında gelmektedir.

Ulaşım, üretim, rekreasyon gibi çoklu işlevi olan kıyıları aynı zamanda oldukça hassas ekosistemlerdir. Kay ve Alder (1999), kıyı alanlarını şekillendiren doğal unsurların son derece dinamik olduğunu, zaman ve mekân içinde farklılaşma gösterdiğini belirtmektedirler. Kıyı alanları önemli habitatlar olmalarının yanı sıra petrol, su ürünleri, mineraller için temel bir kaynak, deniz taşımacılığı, turizm, rekreasyon gibi kullanımlar için de oldukça önemli alanlardır.

Mostafa (2017)'ya göre özel doğaları, şekilleri, görünümleri, arazi değerleri ve çevresel faktörleri ile kendine özgü niteliklere sahip olan kıyı alanları, ekolojik özellikleri başta olmak üzere birçok doğal ve kültürel faaliyetler içeren alanlar olması nedeniyle de yüksek peyzaj değerlerine sahiptir. Bu nedenle kıyı alanları kırsal ve kentsel peyzajın niteliğine ve karakterine önemli katkılarda bulunmaktadır (Cengiz, 2009). Kıyıları, aynı zamanda kent yaşamını etkileyen ve hemen yanındaki kentlerin tamamlayıcı unsurlardır. Bunula birlikte kıyıları, kent halkına daha sağlıklı ve doğaya yakın bir yaşam ortamı ve özgür alanlar sunarlar (Duru, 2003).

Natural England raporu (2012)'na göre kıyı peyzajları “insanların algıladığı şekliyle deniz, kıyı şeridi ve karadan oluşan bir alanda insanların ve/veya kara ve denizel yapının karşılıklı etkileşimleri sonucu oluşan karakterlerdir”. Kıyı alanları ve peyzajları kıyı

morfolojisi, kıyı dinamiği, kıyı yapıları ile 1950'lilerde sektör planlarına konu olurken, 1970'lerle yükselen çevre farkındalığı ile kıyıların korunması, 2000'lerle entegre kıyı planlama çalışmalarına konu olmuştur. Kıyıların özellikle turizmdeki en temel cazibe unsuru olması, kıyıların görsel ve çevresel kalitesinin geliştirilmesi ve özgün karakterlerinin korunması ihtiyacını beraberinde getirmiştir.

Peyzaj karakteri; farklı, ayırt edici nitelikleri itibarıyla peyzajları birbirinden ayırt eden özelliklerin tümüdür. Bir peyzajın iyi veya kötü olduğu yargısına ulaştıran, belirgin, tanınabilir ve sürekliliği olan özelliğini tanımlanmaktadır (Swanwick, 2002; Heritage Council 2006).

Bu bağlamda peyzaj karakteri ve peyzaj karakter analizi (PKA) peyzajı, çevre ilişkilerini değerlendirmek için iyi bir araç sunmaktadır (Litton ve Tetlow, 1978). Kıyı peyzaj karakterini suyun kara ile birleştiği ölçüde süreklilik arz eden kıyı boyunca bir kıyıya özgü, onu diğer kıyılardan ayıran özelliklerinin tümü olarak tanımlanmak mümkündür. Kıyı peyzaj karakterizasyonu ise kıyılara özgü farklı karakterlerin tanımlanması süreçlerini kapsamaktadır. Burada kıyıların sadece fiziksel formları değil alan kullanımları, tarihi ve kültürel değerleri, görsel özellikleri ve algısı da karakterizasyon çalışmasının önemli bir parçasıdır.

Peyzajın ve farklı karakteristiklerinin tanımlanması ve korunmasını amaçlayan Avrupa Peyzaj Sözleşmesi (APS)'nin 2000'de imzalanması ve 2004'te de uygulamaya koyulmasıyla birlikte sözleşmenin ulusal düzeyde alması gereken özel önlemler ve özellikle de kendi toprak sahası ve bölgesi içindeki peyzajların tanımlanması kapsamında ülkemizde peyzaj karakterizasyonu konusunda çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Burada Peyzaj Karakter Analizi PKA yönteminin kentsel, kırsal, yerel, bölgesel ölçeklerde (Atik ve Ortaçşme, 2010; Uzun ve ark., 2011; Karadeniz ve ark.,2013; Oğuz ve ark., 2013) uygulanması öne çıkmıştır.

Kıyı peyzajları konusunda çalışmaların önemli bir kısmı kıyıların turizm ve rekreasyon potansiyeli ile estetik algısının anlaşılmasına yönelik olup, kıyı peyzajlarının karakterizasyonu konusunda ise sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında Türkiye'nin en uzun kıyılarından birine sahip Antalya'nın güney kesiminde çok farklı kıyı özellikleri ile öne çıkan Beldibi ile Demre arasında kıyı peyzajlarının karakterizasyonu gerçekleştirilmiş ve sonrasında da kıyı peyzajına ait tipolojiler tanımlanmıştır. Sonuç olarak, başta turizm olmak üzere, yerleşim, tarım, ikinci konutlar, liman ve marinalar ile yoğun kullanım baskısı altında olan çalışma alanı için sürdürülebilir

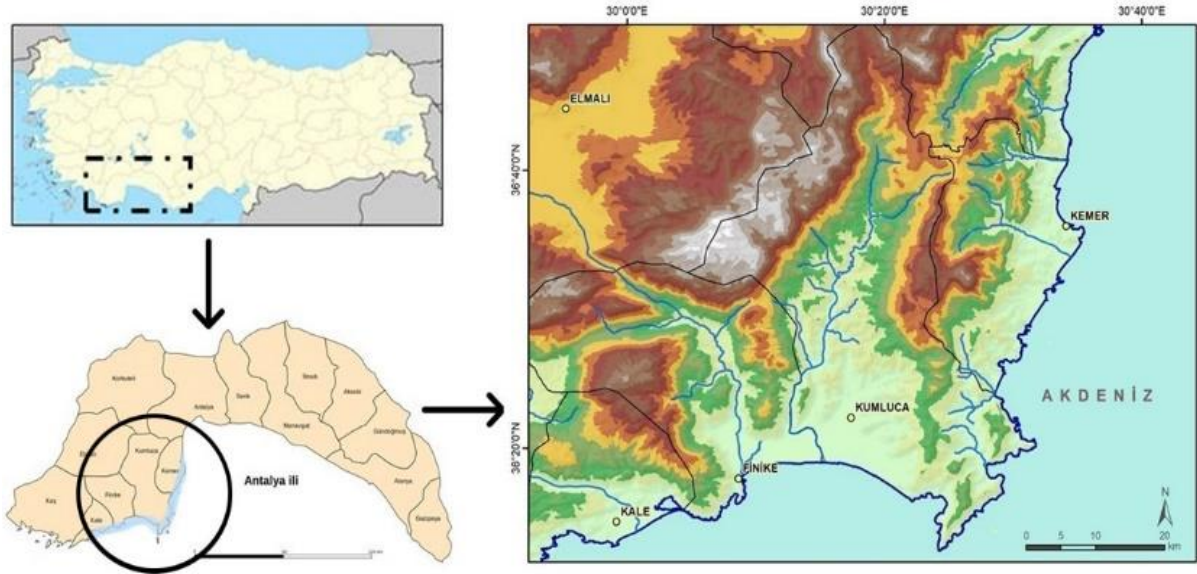
ve entegre kıyı yönetimi açısından kıyı peyzaj tipolojisinin kendine özgü karakterleri dikkate alan öneriler getirilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Araştırma alanı olarak Antalya Beldibi - Demre arası kıyı bölgesi seçilmiştir (Şekil 1). Plaj, kumul, lagün, kayalık gibi farklı kıyı tipolojilerini içermesi ve öne çıkan karakterleri itibariyle Antalya'nın batı kesiminde Beldibi ile Demre arasındaki kıyı kesimi üzerine yapılan analizler, bulgular ve saptamalar çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Peyzaj karakteri sadece doğal faktörlerin bütünü değildir ve insanın doğa üzerindeki etkileşiminin sonuçları ile ilgilidir. Bu anlamda, kıyı kesitinin Beldibi - Tekirova kesiminde 1970 yıllarda başlayan turizm gelişmelerinin, Kumluca – Finike kesiminde tarımsal üretimin ve kentsel yerleşimlerin, Finike – Kale kesiminde ise tarihi dokunun izlerini yansıtmaktadır. Yoğun turizm ve yerleşim baskısı altındaki bu kıyıların karakterleri itibariyle belirlenmesi ve ortaya koyulması amaçlanmıştır.

Çalışma alanı iklimsel özellikleri itibariyle Akdeniz bölgesinin uzun ve çok sıcak geçen yaz ayları ve neredeyse sonbahar, kış ve ilkbaharın hızlı geçişlerini yaşamaktadır. Uzun geçen sıcak dönem kıyı kullanımına olan talebi ve bölgeye özgü kıyı karakterleri üzerindeki baskıları arttırmaktadır. Bitki örtüsü kurakçıl maki örtüsü başta olmak üzere, kızılçam (*Pinus brutia*)'ın saf veya karışık ormanları, yer yer sulak alanlar, kumul bitki örtüsü ile zengin kıyı habitatlarından oluşmaktadır. Ağırlıklı olarak kuvarterner ve kretase jeolojik dönemlerine tarihlenen ve kireçtaşının öne çıktığı kayaç yapısı kıyı peyzajlarına Akdeniz bölgesine özgü karakterler katmaktadır.



**Şekil 1.** Çalışma alanı.

## 2.2. Yöntem

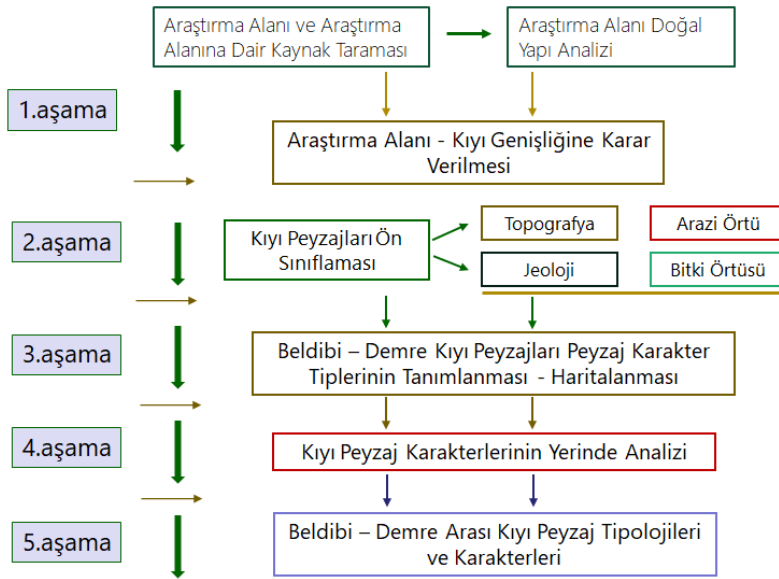
Çalışmada kullanılan yöntem; kıyı peyzajlarının karakterizasyonuna ve peyzaj karakterlerinin tanımlanmasına dayanmaktadır. Bu kapsamda peyzaj karakter analizi yolu ile kıyı peyzajlarının analizinde Swanwick (2002) ve Atik ve ark. (2015)'lerinin çalışmalarından yola çıkılarak Natural England (2012), Güneroğlu (2013), Sheibani ve ark. (2017) ile Yıldırım ve Banoğlu (2022)'nin çalışmaları esas alınmıştır.

Araştırma yöntemi, beş temel aşamada gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Kıyının su ile karanın birleştiği çizgi tanımından yola çıkarak kıyı peyzajlarına esas alınacak kıyı genişliğine karar verilmiştir. Burada kıyıdan itibaren kıyı gerisi arazinin topografik yapısı ve yükseltisine göre en yakın dağ zirvesini de içerecek şekilde 13 kilometrelik yüksekliğe kadar olan bir kesim seçilmiştir. İkinci aşamada PKA yöntemine uygun olarak peyzaj karakterlerinin ön sınıflaması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda topografya, jeolojik yapı, arazi örtüsü ve bitki örtüsü ön sınıflamaya esas alınmıştır (Çizelge 1). Ön sınıflamada ve haritaların hazırlanmasında ArcGIS programından faydalanılmıştır.

**Çizelge 1.** Çalışma alanı karakter sınıflamasında kullanılan temel veriler.

Topoğrafya	Jeolojik Yapı	Arazi Örtüsü	Bitki Örtüsü
<b>Yükseklik (m)</b>	<b>Dönem</b>	<b>Sınıflar</b>	<b>Örtü tipi</b>
0-50	Kuvaterner	Karışık tarımsal alanlar	Kültürel alanlar
0-250	Triyas	Açık alanlar	Kumul-Akarsu yatağı
250-1000	Kretase-kuvaterner	Tarımsal Alanlar	Herdemyeşil orman
500-1000	Miyosen-Devoniyen	Orman	Herdemyeşil-karışık orman
500-1500	Kretase	Orman- kayalık	
1000-2000	Triyas-permiyen-eosen		
	Kretase-kuvaterner		

Çalışmanın üçüncü aşamasında seçilen temel altlıklar kullanılarak Beldibi-Demre arasındaki peyzaj karakter tipleri tanımlanmış ve haritalanmıştır. Dördüncü aşamada seçilen örnek alanlar üzerinden kıyı peyzajları karakterlerinin yerinde analizi gerçekleştirilmiştir. Burada en doğuda Beldibi'nden başlayan ve en batıda Üçağzı'a kadar kıyı şeridi boyunca bir hat takip edilmiştir. Beşinci aşamada ise Beldibi-Demre arası kıyı peyzaj tipolojileri ve karakterleri tanımlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma yöntemi şeması.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Kıyı Peyzajları Ön Sınıflaması

Çalışmada kullanılan Peyzaj karakter analizi yaklaşımının kıyı kesimine uygulanması üç temel aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunlar sırasıyla, ön sınıflama, peyzaj karakterlerinin yerinde analizi ve kıyı karakterizasyonu şeklindedir. Süreç içerisinde öncelikle kıyı peyzajlarının oluşumundaki yeri dikkate alınarak ön sınıflamada kullanılacak peyzaj altlıkları jeoloji, topografya, alan örtü ve bitki örtüsü olarak seçilmiştir.

Karaların ve denizlerin oluşumunda aynı zamanda yeryüzünün üst katmanı olan jeolojik yapı önemli bir role sahip olup, dönemleri itibariye ön sınıflamada incelenmiştir. Burada özellikle kıyı kayalıkları %54.32 oranla kretase dönemindeki kireçtaşı oluşumlarının izlerini taşımaktadır. Alüvyal kıyı düzlükleri ve plaj oluşukları ise %28.31 oranla kuvaterner döneme işaret etmektedir (Çizelge 2, Şekil 3).

**Çizelge 2.** Çalışma alanı jeolojik dönemleri ve alansal dağılımları.

Jeolojik Dönemler	Alan (da)	Oran (%)
Kretase	761965.6	54.32
Kuvaterner	397168.4	28.31
Triyas	161428.8	11.51
Permiyen	45293.9	3.22
Eosen	19161.3	1.36
Miyosen	11479.7	0.81
Devoniyen	2900.2	0.20
Siluriyen	1637.8	0.11
Ordovisten	1460.1	0.1

Yeryüzünün özellikleri ve şekli aynı zamanda peyzaj karakterlerini de şekillendiren unsurların başında gelmektedir. Topografyanın düşeydeki değişim ve yükselti peyzajdaki formları oluşturur. Deniz seviyesinden itibaren karanın yüksekliği ve yükselti mesafesi kıyı karakterlerini tanımlamaktadır. Beldibi-Demre arası kıyı kesimi % 23.45 oranında 0-100 metreler, % 32.45 oranında ise 100-500 metreler arasında yükseltiye sahiptir. Topografik harita incelendiğinde çalışma alanı kıyı peyzajlarının % 55.90 oranında 0-500 metre aralığındaki yükselti arasında şekillendiği görülmektedir (Çizelge 3, Şekil 3).

**Çizelge 3.** Çalışma alanı topografik yapı ve alansal dağılımları.

Yükseklik (m)	Alan (da)	Oran (%)
0-100	327829.0	23.45
100-500	453745.0	32.45
500-1000	352814.6	25.23
1000-1500	203094.4	14.53
1500-2000	57334.2	4.10
2000-2500	3389.8	0.24

Bölgenin doğal koşullarına adapte olmuş bitki türlerinin bir araya gelerek oluşturduğu bitki örtüsü peyzajdaki en dinamik unsurlardır. Sıcaklık başta olmak üzere iklim koşulları bitki örtüsünün oluşumunda ve dağılımında büyük rol oynar. Akdeniz bölgesinin kurak ve sıcak iklim koşullarında kızılçam (*Pinus brutia*) ormanları ve başta kermes meşesi (*Quercus coccifera*) olmak üzere zengin bir tür çeşitliliğine sahip maki bitki örtüsü kıyı ormanları ve kıyı kayalıklarını karakterize etmektedir.

Beldibi – Demre arasındaki kıyı kesiminde %43.70 oranında herdemyeşil ormanlar ile % 28.54 oranında kızılçam ile birlikte maki türlerinin oluşturduğu karışık ormanlar yer almaktadır. Yerleşim ve tarım alanlarının ağırlıkta olduğu kıyı ovaları boyunca da % 22.85 oranında kültürel bitki örtüsü görülmektedir (Çizelge 4, Şekil 3). Kıyı kumulları, orman

kayalıkları ve açıklıkları, akarsu yatakları boyunca gelişen doğal bitki koridorları, sazlık ve bataklıklar çalışma alanındaki diğer doğal bitki örtüsü örnekleridir.

#### Çizelge 4. Çalışma alanı vejetasyon grupları ve alansal dağılımları.

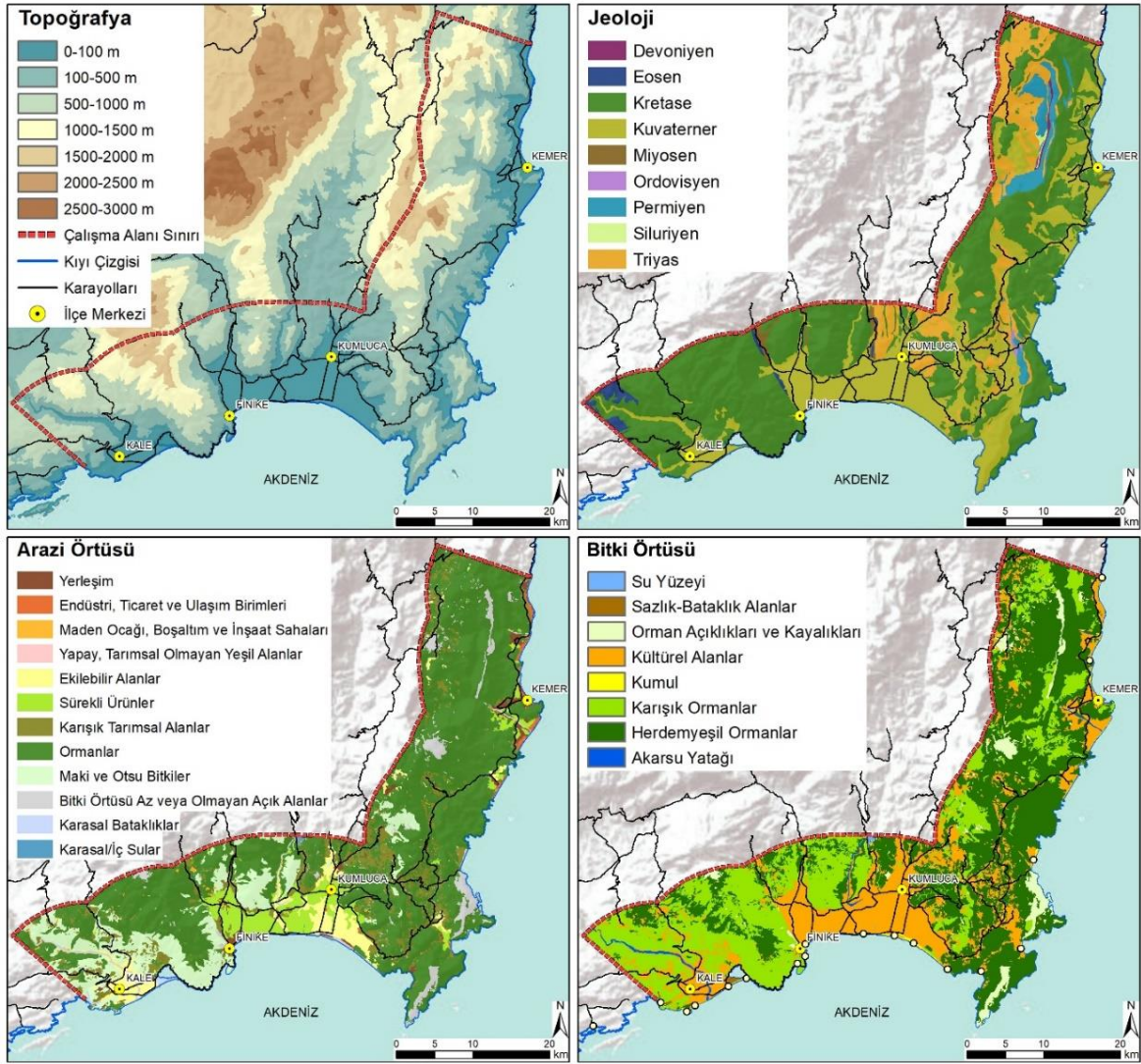
Bitki Örtüsü	Alan (da)	Oran (%)
Herdemyeşil ormanlar	612960	43.70
Karışık ormanlar	400287	28.54
Kültürel alanlar	320489	22.85
Orman açıklıkları ve kayalıklar	51708	3.68
Akarsu yatağı	8297	0.59
Kumullar	5648	0.40
Sazlık ve bataklıklar	2013	0.14
Su yüzeyi	1095	0.07

Alan kullanımları çoğu zaman peyzaj üzerindeki desenleri tanımlar ve bu yönüyle alan örtüsü peyzaj karakterlerinin önemli bileşenleri arasındadır. Peyzaj karakterleri itibariyle Beldibi-Demre arasındaki kıyıların % 60.58 oranında ağaç örtüsünün bulunduğu ormanlar ile kaplı kayalık ve dik eğimli olduğu; bunu farklı nitelikteki tarım yapılan ve/veya tarımsal olmayan alanların takip ettiği anlaşılmıştır (Çizelge 5, Şekil 3). Beymelek gibi karasal olmayan bataklıklar ve iç sular % 0.62 gibi az bir oranda olsa da kıyı peyzajlarındaki farklı peyzaj karakterlerini temsil etmektedir.

#### Çizelge 5. Çalışma alanı arazi örtüsü ve alansal dağılımları.

Alan örtü	Alan (da)	Oran (%)
Yerleşim	17342	1.23
Endüstri, ticaret ve ulaşım	11349	0.81
Maden ocağı, inşaat saha.	7365	0.52
Yapay, tarımsal dışı yeşil alan.	7703	0.54
Ekilebilir alanlar	140412	10.01
Sürekli ürünler	75258	5.36
Karışık tarımsal alanlar	65653	4.68
Ormanlar	849645	60.58
Maki ve otsu bitkiler	165755	11.81
Bitki örtüsü az /olmayan alan.	53920	3.84
Karasal bataklıklar	3140	0.22
Karasal/iç sular	5700	0.40





Şekil 3. Çalışma alanı topografik, jeolojik yapı, arazi ve bitki örtüsü özellikleri.

### 3.2. Beldibi – Demre Kıyı Peyzajları Peyzaj Karakter Tipleri

Peyzaj karakter tipi topoğrafik yapısı, toprak özellikleri, jeolojik yapısı, alan kullanımı, tarihi geçmişi, coğrafik yapısı ile benzer özellikler taşıyan alanlar (Washer, 2005; Heritage Council, 2006) olup Beldibi – Demre arası kıyı peyzajlarının ön sınıflaması sonucu kıydan itibaren kıyı gerisi arazi topografyasına uygun olarak 13 kilometrelik kıyı kesimde homojen ve benzer doğal yapı özellikleri sergileyen toplam 10 peyzaj karakter tipi tanımlanmıştır (Şekil 4).

1. *Kıyı Gerisi Geçiş Alanları ile Karışık Tarım Alanları Peyzaj Karakter Tipi* kıyı ve kıyı gerisindeki eşik alanların tarım yapılan kesimlerine karşılık gelmektedir. Karışık tarım alanları, yer yer tarıma uygun, ekilebilir alanlarla temsil edilirken, kültürel bitki örtüsü öne

çıkılmaktadır. Jeolojik yapı açısından kretase, kuvaterner ve kretase-kuvaterner dönemleri görülmektedir.

2. *Dağlık Alanlar ile Karışık Tarım Alanları Peyzaj Karakter Tipi* 500-1000 metre yüksekliğindeki dağlık ve karışık tarım alanlarını kapsamaktadır. Jeolojik yapıda triyas dönemi, bitki örtüsünde kültürel alanlar ile tanımlanmıştır.

3. *Yüksek Dağ Düzlükleri ile Karışık Tarım Alanları Peyzaj Karakter Tipi* ise 500 ile 1500 metreleri arasındaki yüksek dağ düzlükleri, karışık tarım alanları ve kuvaterner dönemi öne çıkmaktadır.

4. *Akarsu ve Kıyı Plaj Oluşukları Peyzaj Karakter Tipi* 0 ile 50 metreleri arasında akarsuları, akarsuların oluşturduğu ve kıyı peyzaj oluşuklarını kapsamaktadır. Bitki örtüsü plajlar, kıyı gerisi kumullar ve akarsu yatakları; jeolojik yapıda kretase-kuvaterner dönemi öne çıkmaktadır.

5. *Alüvyal Kıyı Ovaları ile Tarım Alanları Peyzaj Karakter Tipi* 0 ile 50 metreler arasındaki alüvyal kıyı ovaları ve tarım alanlarını kapsamaktadır. Kültürel bitki örtüsü ve kuvaterner dönemi jeolojik yapı görülmektedir.

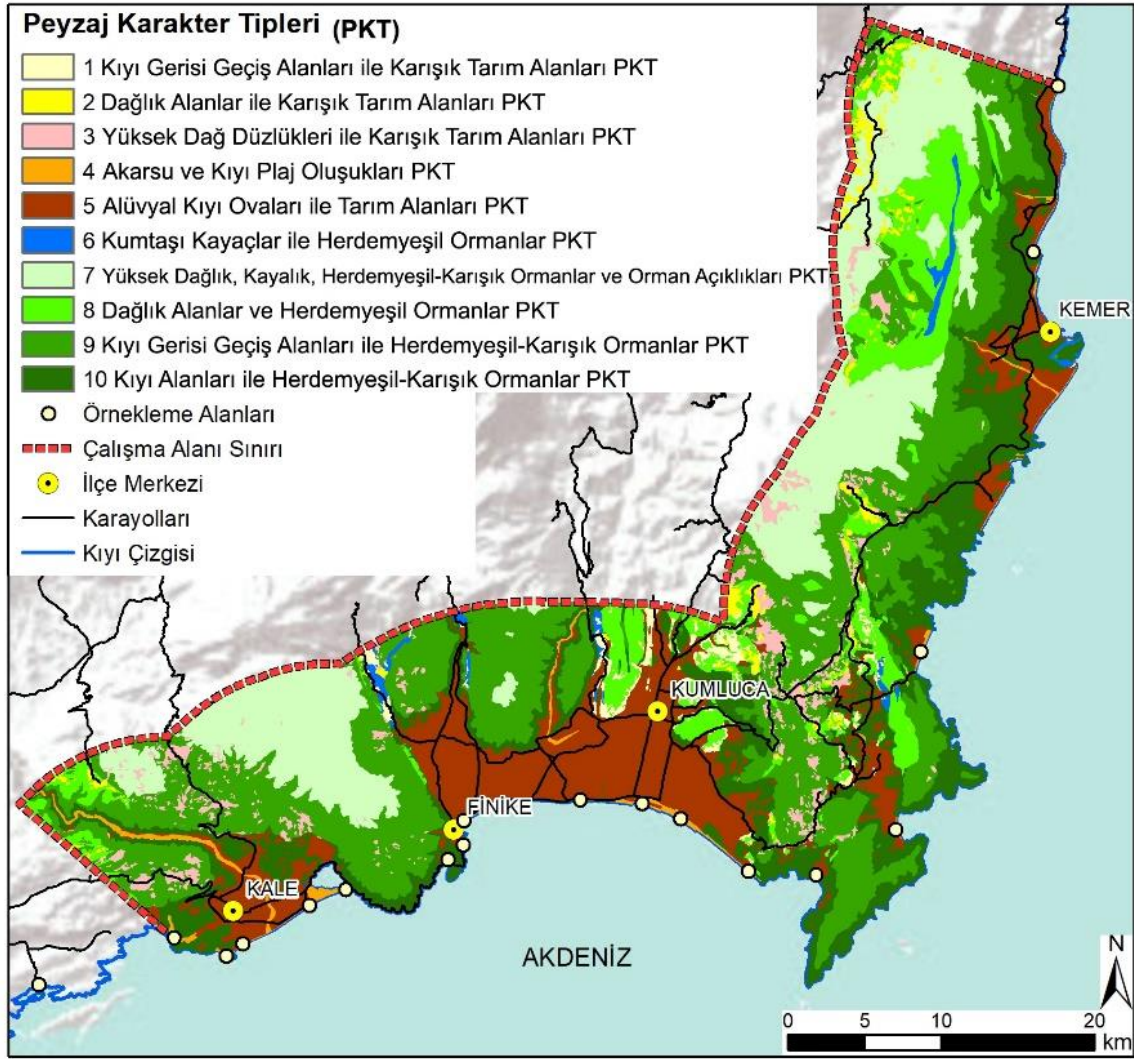
6. *Kumtaşı Kayaçlar ile Herdemyeşil Ormanlar Peyzaj Karakter Tipi* 250 ile 1000 metre arasındaki kumtaşı kayaçlar ve herdemyeşil ormanları kapsamaktadır. Kızılcıam (*Pinus brutia*) herdemyeşil ormanları ve miyosen-devoniyen dönemi jeolojik yapı öne çıkmaktadır.

7. *Yüksek Dağlık, Kayalık, Herdemyeşil-Karışık Ormanlar ve Orman Açıklıkları Peyzaj Karakter Tipi* 1000 ile 2000 metreleri arasındaki yüksek dağlık, kayalık, herdemyeşil, karışık ormanlar ve orman açıklıklarını ve kretase dönemi jeolojik yapı özelliklerini kapsamaktadır.

8. *Dağlık Alanlar ve Herdemyeşil Ormanlar Peyzaj Karakter Tipi* 500 ile 1000 metreleri arasındaki dağlık ve herdemyeşil orman alanlarını ve kretase dönemini kapsamaktadır.

9. *Kıyı Gerisi Geçiş Alanları ile Herdemyeşil-Karışık Ormanlar Peyzaj Karakter Tipi* 250 ile 1000 metreleri arasındaki kıyı gerisi geçiş alanları ve herdemyeşil, karışık ormanlar ile öne çıkmaktadır.

10. *Kıyı Alanları ile Herdemyeşil-Karışık Ormanlar Peyzaj Karakter Tipi* ise 0 ile 250 metreler arasındaki kıyı alanları ve herdemyeşil, karışık orman alanlarını kapsamakta, kretase-kuvaterner dönemi öne çıkmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Beldibi – Demre kıyı peyzajları karakter tipleri.

### 3.3. Kıyı Peyzaj Karakterlerinin Yerinde Analizi

Kıyı peyzaj karakterinin farklı, ayırt edilir özelliklerinin analizinde kara ile su arasındaki etkileşimin niteliği önemlidir. Burada turizm, tarım, yerleşim gibi insan kullanımlarından çok, kıyı morfolojisinin yapısı öne çıkmaktadır.

Beldibi – Demre arası kıyı peyzajlarının yerinde analizinde ön sınıflama ile tanımlanan peyzaj karakter tiplerinin hemen hemen her birinden örneklem seçilmiş ve her bir örneğin kıyı karakterleri, alan kullanımları incelenmiştir (Çizelge 6).

**Çizelge 6.** Beldibi- Demre kıyı peyzajları örnekleme alanları ve öne çıkan karakterleri.

Örnekleme Alanı	Öne Çıkan Karakterler	Örnek Kıyı Peyzağı
Beldibi kıyı kesimi	Kıyı kayalıklarının ayırdığı dar plaj oluşumları, turizm yerleşimleri, iskele vb kıyı yapıları	
Göynük kıyı kesimi	Girintili çıkıntılı kıyı, çakıllı plaj oluşumları, koylar ve burunlar, kıyı gerisi kumul tepeleri, turizm yerleşimleri	
Çıralı kıyı kesimi	Kıyı cep ovası, çakıllı plaj oluşumu, kıyı gerisi plaj sırtları ve kumul tepeleri	
Adrasan kıyı kesimi	Kumlu plaj oluşumu, kıyı gerisi alüvyon düzlükler ve dağlar	
Karaöz kıyı kesimi	Koylar, kumlu – çakıllı plaj oluşumları, kıyı gerisi maki tepelikleri	
Kumluca kıyı kesimi	Kumlu plaj, kıyı gerisi sazlıklar, yer yer kumul tepeleri, tarım ve yerleşim alanları	
Finike kıyı kesimi	Kıyı kayalıkları, liman, marina, yer yer dar plaj ve koylar, kentsel yerleşim, kıyı dolgusu	
Beymelek kıyı kesimi	Çakıllık plajlar, koylar, lagün gölü, kıyı gerisi sazlıklar ve maki kayalıkları	
Taşdibi kıyı kesimi	Çakıllık plaj, kıyı gerisi kumullar, kıyı gerisi maki kayalıkları	
Sülüklü kıyı kesimi	Kumlu plaj, kıyı gerisi kumul tepeleri, maki kayalıkları ve kızılçam ormanları	
Çayağzı kıyı kesimi	Kumlu plaj, kıyı gerisi kumul tepeleri arasında sulak alanlar ve sazlıklar, maki kayalıkları,	
Kekova Üçağzı kıyı kesimi	Girintili çıkıntılı kıyı yapısı, burunlar, yarım adalar, maki kayalıkları,	

### 3.4. Beldibi-Demre Arası Kıyı Peyzajları Tipolojileri

#### 3.4.1. Kıyı Kayalıkları

Kıyı kayalıkları denizin kara ile birleştiği kara çizgisinin dikey yönde ve çoğu zaman kısa mesafede yükselmesi sonucu oluşmaktadır. Bu yükselti su ile karanın birleştiği noktadan itibaren 50-100 metre gibi çok dik yapıdaki kireçtaşı kayalıklarda falez olarak tanımlanmaktadır. Fransızca'dan Türkçeye geçen ve ana kayanın su ile aşınması sonucu oluşan yüksek, eğimli kayalıklar olan falezler Akdeniz bölgesine özgüdür.

Güney Antalya bölgesi, Beldibi'nden itibaren girintili çıkıntılı doğal koylar, burun ve küçük yarımada niteliğindeki kıyı kayalıkları ve çıplak kayalıklardan oluşmaktadır (Şekil 5). Bu alanlar çoğu zaman maki bitki örtüsü kaplıdır. Kıyı kayalıklarının kara içinden gelen dar vadiler ile bölüdüğü kesimlerde dar plajlar ve koylar görmek mümkündür.



Şekil 5. Kıyı kayalıkları, Beldibi.

#### 3.3.2. Plajlar

Kıyının en dinamik olduğu etkileşim zonu olan plajlar kıyı peyzajlarındaki en tipik yüzey formlarından biridir ve kumlu, çakıllı ve taşlı yapıda olabilmektedir. Beldibi – Demre arası plaj yapıdaki kıyı peyzajları ağırlıklı kumlu ve çakıllı niteliktedir. Beldibi, Göynük, Tekirova kesimlerinde turizm tesislerinin yer aldığı plaj ve kıyıları Kumluca, Finike ve Demre'de yer yer doğal yapısını koruyabilse de (Şekil 6), kentsel ve rekreasyonel kullanımların baskısı altındadır.

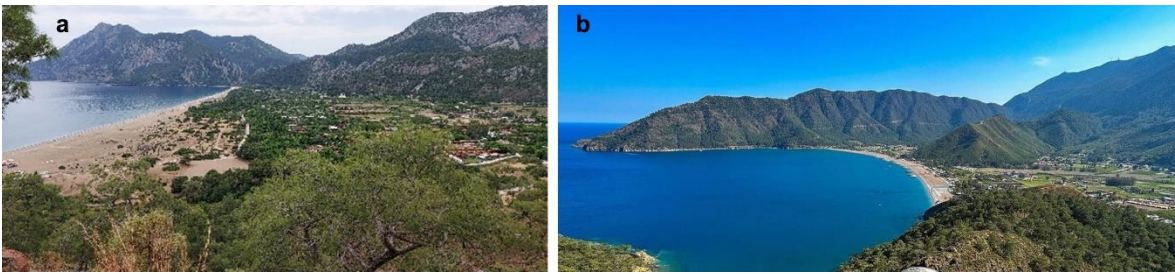


**Şekil 6.** Kumlu ve çakıllı plajlar; Göynük (a) ve Kumluca (b).

### 3.3.3. Alüvyal Kıyı Ovaları

Allüvyal kıyı ovaları akarsuların dağlardan getirdiği malzemelerin kıyıda birikmesi ve kıyıyı doldurması sonucu oluşan kıyı yüzey formlarıdır. Bir anlamda organik birikimler olan alüvyal kıyı düzlükleri plaj, kumul, kumul tepeleri, sazlıklar gibi çok zengin kıyı habitatlarını içermektedir. Batı Antalya’da Çıralı ve Adrasan irili, ufaklı akarsuların oluşturduğu kıyı ovaları şeklindedir (Şekil 7) ve kırsal, tarımsal ve turistik faaliyetlere sahne olmaktadır.

Bu örneklerden Çıralı, yer yer 100-150 m kıyı genişliğine sahiptir ve iri kumlu, ara ara çakıl karışımı plajlar barındırmaktadır. Ayrıca, deniz kaplumbağaları (*Caretta caretta*) yumurtlama alanları da alanda bulunmaktadır. Oldukça geniş bir plaja sahip olan kıyının gerisinde kumul tepelerin kalıntıları yer yer seyrek Fıstık çamları (*Pinus pinea*) ve ova düzlüğünün yükseldiği noktadan itibaren Kızıçam (*Pinus brutia*) ormanları görülmektedir. Adrasan’da kıyının geniş kesiminde iri kumlu, yer yer çakıl karışımı plaj mevcuttur. Kıyı gerisindeki geniş sazlık düzlüklerde kırsal yerleşimler, turizm ve rekreasyon alanları bulunmaktadır (Şekil 7).



**Şekil 7.** Alüvyal kıyı ovaları; Çıralı (a) ve Adrasan (b).

### 3.3.4. Kumlu, Çakıllı Plajlar, Kıyı Gerisi Kumul Çalılıkları

Kumlu ve çakıllı plajlar bölge genelinde yaygın olarak görülmektedir. Fakat kıyı gerisi kumul tepeleri ve kumul çalılıkları örneklerine, turizm faaliyetlerinin baskısı nedeniyle az sayıda rastlanmaktadır. Kumluca Mavikent kesiminde 100 m genişliğe kadar uzanabilen ortalama genişliği 70 metre olan hafif kumlu çakıllı yapıdaki plajlar, kıyı gerisinde kıyı

terası niteliğindeki bölüm ise maki bitki örtüsü ve doğal kızılçam ormanları ile devam etmektedir (Şekil 8).



**Şekil 8.** Kumluca, Mavikent kıyı gerisi kumullar.

Plaj örneklerinde plaj sırtı kesimlerde çok sayıda *Caretta caretta* çıkışını izlerini taşıyan yuvaları olukları bulunmakta, kıyı gerisinde sazlıkların ve kumul tepelerinin kalıntıları izleri olan otsu bitki örtüsü başlamaktadır.

### 3.3.5. Beymelek, Sülüklü, Çayağzı Kıyı Lagünleri

Lagünler kıyılardaki koy ve girintilerin kıta birikintileri tarafından kapatılarak kara içinde kalması sonucu oluşan doğal yapılardır. Kara ile bağlantı zaman zaman mevsimlere bağlı olarak geçici olarak dar bir koridor ve ağızla açılabilen deniz ve kıyı lagünleri arasında ekolojik bir bağ oluşabilmektedir. Denize engel oluşturan birikim ise çoğu zaman kumul tepeleri, çakıllı, kumlu dar plaj dilimleri şeklinde olabilmektedir.

Bölgede doğal yapısını korumuş Beymelek gibi çok az sayıda lagün örneği bulunmaktadır (Şekil 9). Beymelek ön kesimde ince uzun plaj dilimi arka kesimde lagün kıyı gerisi doğal göl niteliğine sahip bir kıyı tipi olup, lagün doğuda Finike yönünde kıyı kayalıklarından sonra başlamakta, batıda ise Demre kent merkezine kadar uzanmaktadır.

Beymelek ağzından denize dökülen akarsuyun büyük taş bloklarla kapatılması sonucu kıyı sırtlarının oluştuğu görülmektedir. Kıyı boyunca *Tamarix smyrnensis* (Ilgın) gibi doğal türlerin dağınık bir bitki örtüsü izlerini taşıırken kıyı gerisinde *Acacia cyanophylla* (Kıbrıs akasyası) ve *Eucalyptus camaldulensis* (Okaliptus) ağaçlandırma alanları ile sazlıklar ve özellikle kıyıya müdahale edilen bölümde bozulmanın göstergesi olan *Dittrichia viscosa* (Andız otu) öne çıkmaktadır.

Çayağzı, Andriake limanı kıyı kesiminden doğu ve batı yönünde denize akan iki derenin taşıdığı alüvyonların kıyı gerisindeki lagünü kapatması sonucu oluşmuştur. Islak plaj kesiminden itibaren 2 metreye kadar ulaşan ve hemen gerisinde kumul tepeleri arasında ıslak, nemli çukurluklar yaklaşık 100-150 metre kara içine kadar sazlık nemli çayırıklar

olarak devam etmektedir. Çayağzı lagünü 30 metre ile başlayıp batı yönündeki dar vadiye kadar uzanmakta, hem batı hem de doğu yönünde kıyı kayalıklarıyla devam etmektedir (Şekil 9).

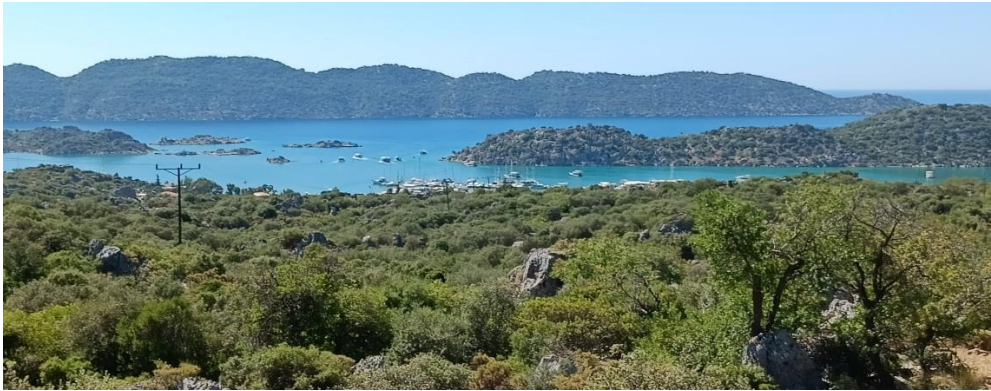


**Şekil 9.** Kıyı Lagünleri; Sülüklü (a), Beymelek (b) ve Çayağzı (c).

### 3.3.6. Kekova Kale Üçağz, Burunlar ve Yarımada

Yarımada, burunların küçük koylarla buluştuğu girintili çıkıntılı yapı olup, üç tarafı sular ile çevrili karar parçalarıdır. Karanın deniz içinde girdiği parçaların şekline ve büyüklüğüne göre burunlar ve yarımada benzer özellikte olsalar da burunların ince uzun ve dar yapıda olduğunu söylemek mümkündür.

Kekova Kale Üçağz kıyı kesimi çok sayıda burun ve yarımada ile bölgenin geri kalanından ayrılan karakterler sergilemektedir. Denizin farklı şekillerde kara içinde girintili çıkıntılı burunlarla ilerlediği ve Dalmaçya kıyı tipi olarak da tanımlanabilecek olan Üçağz coğrafik açıdan bölgeye özgü karakterlere sahiptir. Burun ve yarımada ile çevrili koy bir iç deniz görünümü sunmaktadır (Şekil 10).



**Şekil 10.** Kekova Kale Üçağz peyzaj karakter alanı.



#### 4. Tartışma ve Sonuçlar

Peyzaj, bir noktadan bakıldığında görüş alanına giren tüm topografik, doğal ve kültürel özellikleri içerir. Bu bağlamda kara ile suyun birleşme alanı olan kıyı peyzajları insan – doğa etkileşiminin en yoğun olduğu alanlardan biridir. Yetim ve ark. (2004) kıyıyı denizde ufuk çizgisine, karada siluet çizgisine dayanan ve nc boyutta havaya ve su altına doğru devam eden bir bütün olarak tanımlamıştır.

Kıyı peyzaj karakteri ise kıyı alanlarını diğerlerinden ayıran, insanlar tarafından algılanabilen özellikleri ifade etmektedir. Kıyı peyzaj karakterizasyonu, denizin kara üzerindeki etkilerini, kıyı kenarı ve yakın çevresinin karakteri gibi kıyıyla ilişkili özellikleri dikkate almaktadır (NatureScot, 2020). Peyzaj karakterizasyonu tespitlerinin sürdürebilir kalkınmayı desteklemek amacı ile planlama süreçlerine dahil edilmesi gerekmektedir.

Birçok ülkede peyzajların sahip olduğu doğal ve kültürel kaynak değerlerinin belirlenmesinde peyzaj karakter analizi ve değerlendirmesi temel alınmaktadır (Demir, 2017). Her kıyı mekânının kendine özgü özellikleri, doğal, topoğrafik yapısı olduğu düşünülürse, kıyı için yapılan analizler ve farklılıklar kıyı karakterlerinin belirlenmesi ve sürdürülebilir kıyı yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır.

Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrili uzun bir kıyı şeridine sahiptir. Kentsel yerleşimler, turizm, ulaşım ve endüstri başta olmak üzere pek çok alan kullanımı kıyı peyzajları üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu talepler ve faaliyetler kıyıların karakterlerini büyük oranda değiştirmekte ve bozmaktadır. Diğer yandan ülkemiz kıyılarına özgü peyzajların özgün karakterlerinin envanteri, kıyı peyzajlarının korunması için önemli bilgiler sunmaktadır.

Akdeniz kıyılarının en büyük ili Antalya'dır. Antalya kıyıları, güzellikleri, tarihi, doğal çeşitliliği ve zengin kültürel dokusuyla sadece Türkiye'nin değil, dünyanın önde gelen turistik merkezlerinden biridir. Diğer yandan Antalya kıyıları turizm ve ikinci konut talepleri başta olmak üzere yoğun baskı altındadır. Ülkemizde kıyı kanunu kıyılarıdaki yapı gelişimlerinin kontrolü açısından güçlü bir yasal altlık sunmakla birlikte, kıyı peyzajları yasada tanımlanan etkileşim çizgisinden çok daha geniş bir alanı ve çoklu etkileşimleri içermektedir.

Ülkemizde kentsel, kırsal ve doğal alanlarda yaygın olarak uygulanan peyzaj karakter analizi yöntemi kıyı alanları için uyarlandığı ve Beldibi ile Demre arasında kıyı peyzajlarının karakterizasyonu gerçekleştirildiği bu çalışmada karakterleri itibariyle diğerlerinden ayrılan 10 adet peyzaj karakter tipi elde edilmiştir.

Bahadır (2021)'a göre kıyı yapısı litolojik özellikler, iç ve dış etmenler, zaman ve kıyı haline geçen bölgelerin jeomorfolojik özellikleri gibi oluşum ve gelişimlerinde rol oynayan çeşitli faktörlerin niteliklerine ve etkinlik derecelerine bağlı olarak çok çeşitli tipte olurlar. Beldibi – Demre arasındaki kıyı peyzajları karakter tiplerinin tanımlanmasında topografik ve jeolojik yapı ile arazi ve bitki örtüsü doğal verileri esas alınmıştır.

Kıyı peyzaj karakter tipi karakterleri itibariyle homojen ve benzer özellikler sergileyen kıyı peyzajlarıdır (Natural England, 2012). Çalışma kapsamında kıyı peyzaj karakterlerinin 13 farklı noktada yerinde analizi yoluyla 9 bölgeye özgü kıyı peyzaj tipolojisi tanımlanması mümkün olmuştur. Bunlar sırası ile kıyı kayalıkları, plajlar, allüvyal kıyı ovaları, kıyı gerisi kumul çalılıkları, kıyı lagünleri, burunlar ve yarımadalardır. Heritage Council (2006)'e göre peyzaj karakter alanları, ender ve coğrafik açıdan özel bir peyzaj tipini içeren alanlardır. Natural England (2012)'a göre kıyı peyzaj karakter alanları coğrafik açıdan tipik bir kıyıya özgü ve ender karakterlere sahip kıyı peyzajları olup, Beldibi – Demre arası kıyı tipolojilerinden özellikle Beymelek, Sülüklü, Çayağzı Kıyı Lagünleri ile Kekova Kale Üçağzı, Burunlar ve Yarımadalalarının coğrafik açıdan özgü kıyı peyzaj karakter alanı niteliğindedir.

Yıldırım ve Banoğlu (2022)'nin Antalya Lara, Falez ve Konyaaltı kıyı peyzajlarının analizini yaptığı çalışma da Antalya'nın doğal ve kültürel tarihi içinde önemli bir yere sahip Konyaaltı, kıyı Falezleri ve Lara kıyıları öne çıkan peyzaj karakterleri olarak değerlendirilmiştir.

Hoşgören (2016) plajları meydana getiren kum, çakıl gibi unsurların esas kaynağını alüvyonların teşkil ettiğini belirtmiştir. Beldibi – Demre arasındaki alüvyal düzlüklerin kıyı ile birleştiği kesimlerde de kum ve/veya çakıllardan oluşan plajların peyzaj karakterini tanımladığı görülmüştür.

Güneroğlu (2013) kıyı peyzajlarındaki bozulmanın önemli bir konu olduğuna ve kıyı yönetim planlarında dikkatli bir şekilde ele alınması gerektiğine vurgu yapmıştır. Beldibi – Demre arasındaki kıyı kesiminde özellikle turizm ve rekreasyon, ikinci konutlar ile kentsel yerleşimlerin önemli baskı unsurları olduğu gözlenmiştir. Kıyı yönetimi açısından her bir kullanımın ulusal mevzuattaki ele alınış süreçleri ve yasal araçları ayrılmaktadır. Oysa kıyı sürekliliğe sahip bir doğal yapıdır ve fiziksel yapısı ile gösterdiği sürekliliğin karakterleri itibariyle sağlanması ancak bütünleşik bir kıyı yönetimine bağlıdır.

Ülkemizde kıyı kanunu kıyılarındaki yapı gelişimlerinin kontrolü açısından güçlü bir yasal altlık sunmakla birlikte, kıyı peyzajları yasada tanımlanan etkileşim çizgisinden çok daha geniş bir alanı ve çoklu etkileşimleri içermektedir (Yıldırım ve Banoğlu, 2022).

Çalışma sonucunda, kıyı peyzajlarının karakterizasyonunda doğal verilerin yanı sıra özellikle suyun kara ile buluştuğu kıyı zonunun karakterlerinin öne çıktığı belirlenmiştir. Çıralı *Caretta caretta* yumurtlama alanlarına sahip geniş bir kumsala sahiptir. Beymelek ise önemli bir lagündür. Kekova Kale Üçağzı ada ve yarım adalardan oluşan tarihi ve doğal özelliklere sahip değerli bir alandır. Dolayısıyla, kıyı planlaması kapsamında her bir kıyı peyzaj tipolojisinin kendine özgü karakterleri ile ele alınması sürdürülebilir ve entegre kıyı yönetimi açısından önem arz etmektedir.

Peyzaj karakterizasyonu peyzajın doğal ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra, peyzaj üzerindeki baskı unsurlarının ve değişim nedenlerinin de anlaşılmasına imkan sunmaktadır. Kıyıları gibi hassas alanların ve kıyı şekillerinin yönetimi oldukça zordur, uygun tekniklerin uygulanması gerekmektedir. Kıyı peyzajlarının karakter değerlendirmesi, bütünleştirici bir mekânsal çerçeve oluşturulmasında önemli veri kaynağı sunacak potansiyele sahiptir. Peyzaj karakterizasyonu sonuçları potansiyel kıyı koruma alanlarının belirlenmesi yanında özellikle hassas kıyı peyzajlarının etkin yönetiminde de katkı sunacaktır.

## Kaynaklar

- Atik, M. ve Ortaçeşme, V. (2010). Peyzaj karakter analizi yöntemi ile Antalya Side bölgesi kültürel peyzajlarının karakter analizi. TÜBİTAK Araştırma Projesi: 108Y345.
- Atik, M., Işıklı, R.C., Ortaçeşme, V. ve Yıldırım, E. (2015). Definition of landscape character areas and types in side region, Antalya-Turkey with regard to land use planning. *Land Use Policy* 44, 90-100.
- Bahadır, M. (2021). Kıyı Topoğrafyası Ders Sunusu. 19 Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü.
- Bird, E. (2008). *Coastal geomorphology: an introduction, 2<sup>nd</sup> edition*. Wiley Press.
- Cengiz, C. (2009). Kıyı alanlarında ekolojik planlama: Yalova-Armutlu örneği. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Council of Europe (2000). *European Landscape Convention*. Erişim adresi: <https://www.coe.int/en/web/landscape>. Erişim Tarihi: 20.05.2020
- Demir, S. (2017). Tarihi peyzaj ve peyzaj karakter değerlendirilmesi yaklaşımları ile doğa koruma-turizm odaklı peyzaj planlama: Meryemana Vadisi örneği, Trabzon. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Duru, B. (2003). Kıyı yönetiminde bütünleşik yaklaşımlar ve ulusal kıyı politikası. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Güneroğlu, N. (2013). Çay alanlarının peyzaj karakterinin değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Heritage Council (2006). *Landscape Character Assessment (LCA) in Ireland: Baseline Audit and Evaluation*. Published by the Heritage Council.
- Hoşgören, M. Y. (2016). *Jeomorfolojilerin ana çizgileri 2*. Çantay Kitabevi.
- Karadeniz, N., Görer Tamer, N., Baylan, E., Yenilmez Arpa, N., Kus, M. ve Ozkil, A. (2013). Kolaboratif Peyzaj Planlama Kapsamında Su Kaynakları Yönetimi ve Peyzaj Kalite Hedeflerinin Belirlenmesi: Karasu Nehri (Yukarı Fırat Havzası-Erzincan) Örneği. TÜBİTAK Araştırma Projesi: 110Y285.
- Kay R., ve Alder J. (1999). *Coastal planning and management, 2<sup>nd</sup> edition*. Routledge.
- Litton, B ve Tetlow, R. J. (1978). *A landscape inventory framework: scenic analyses of the northern great plains*. Forest service, US Department of Agriculture.
- Natural England (2012). *An approach to seascape character assessment*. Natural England Commissioned Report NECR105.
- NatureScot (2020). *Coastal Caharacter Assessment. Nature Scot Nadar Alba Scotland's Nature Agency*. Erişim adresi: <https://www.nature.scot/professional-advice/landscape/coastal-character-assessment>. Erişim Tarihi: 31.05.2024
- Mostafa, L. A. (2017). Urban and social impacts of waterfronts development, case study: Jeddah Corniche. *Procedia Environmental Sciences*, 37: 205-221.
- Oğuz, D., Görmüş, S., Gülçubuk, B., Somuncu, M., Menteş, İ., Arpa, N., Yeni, E. ve Cengiz, S. (2013). Kastamonu- Bartın Küre Dağları Milli Parkı Örneğinde Korunan Alanlarda Peyzaj Karakter Tiplerinin Belirlenmesi. TÜBİTAK Araştırma Projesi: 110Y270.
- Pawlukiewicz, M., Gupta, P. K. and Koelbel, C. (2007). *Ten principle for coastal development*. Urban Land Institute.
- Resmi Gazete (2003). Avrupa Peyzaj Sözleşmesinin Onaylanmasını Uygun Bulduğuna Dair Kanun. Kanun No: 4881, R. G. Sayı: 25141.
- Swanwick, C. (2002). *Landscape Character Assessment- Guidance for England and Scotland*. The Countryside Agency and Scottish Natural Heritage.
- Uzun, O., Dilek, F., Çetinkaya, G., Erduran, F. and Açiksöz, S. (2011). National and regional landscape classification and mapping of Turkey: Konya closed basin, Suğla Lake and its surrounding area. *International Journal of the Physical Sciences*. 6 (3): 550-565.
- Washer, D.M., (2005). *European landscape character areas. Typologies, cartography and indicators for the assessment of sustainable landscapes*. Landscape Europe, Oxford, UK.

- Yetim, L., Etili, B. ve Çilek, M. (2004). *Kentsel kıyı şeridinin rekreasyonel amaçlı kullanımının sağlanması*. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları V. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 04 Konferansı Bildiriler Kitabı, I. Cilt, 353-363, Ankara.
- Yıldırım, E. ve Banoğlu, G. (2022). Kıyı peyzajları için tipolojik bir yaklaşım: Antalya Lara, Falez ve Konyaaltı kıyı peyzajlarının analizi. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi Araştırma makalesi*, 7(2):813-830.

## Konya İlinde Bulunan Sonsuz Şükran Köyü'nün Ekolojik Kriterler Kapsamında Değerlendirilmesi

### Evaluation of Sonsuz Şükran Village in Konya Province within the Scope of Ecological Criteria

 Ayşen ÇOBAN<sup>1</sup>,  Latif Gürkan KAYA<sup>2</sup>,  Betül Halime UZUNAY<sup>3</sup>

#### Özet

Bu çalışmada yapıların ve yapıların bir araya gelmesiyle oluşturulan yerleşim alanlarının sağlıklı, kendi kendine yetebilen, konforlu ve kaliteli bir yaşam alanı sağlaması amacıyla ekolojik tasarım kriterleri ortaya konulmuştur. Bu bağlamda, ortaya konulan yedi ekolojik tasarım kriteri (yer seçimi, bina, enerji, atık yönetimi, ulaşım, mekân organizasyonu, bitkisel tasarım) ve bu kriterlere ait alt kriterler kapsamında, araştırma alanı olarak belirlenen Konya ilinin Hüyük ilçesinde yer alan Sonsuz Şükran Köyü değerlendirilmiştir. Bu kapsamda araştırma alanının, söz konusu kriter ve alt kriterlere % 68,18 oranında uygunluk gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte uygunluk göstermeyen ya da araştırma alanında olmayan alt kriterlere yönelik öneriler geliştirilmiştir. Bu çalışma, çevresel etkileri azaltmaya, daha sürdürülebilir yaşam tarzlarının geliştirilmesi ve sosyo-kültürel etkileşimin harmanlanması açısından örnek teşkil etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekoloji, ekolojik tasarım, eko-köy, Sonsuz Şükran Köyü.

#### Abstract

In this study, ecological design criteria have been put forward in order to provide a healthy, self-sufficient, comfortable and quality living space for buildings and residential areas formed by the combination of buildings and structures. In this context, within the scope of seven ecological design criteria (site selection, building, energy, waste management, transportation, space organization, vegetative design) and sub-criteria of these criteria, the Sonsuz Şükran Village in Hüyük district of Konya province, which was determined as the research area, was evaluated. In this context, it has been concluded that the research area has 68.18% compliance with the criteria and sub-criteria in question. However, suggestions have been developed for the sub-criteria that do not comply or are not in the research area. This study sets an example in terms of reducing environmental impacts, developing more sustainable lifestyles and blending socio-cultural interaction.

**Keywords:** Ecology, ecological design, eco-village, Sonsuz Şükran Village.

Geliş Tarihi: 05.08.2024, Düzeltme Tarihi: 01.10.2024, Kabul Tarihi: 02.10.2024

Adres: <sup>1</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, <sup>2</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, İç Mekan

Tasarımı Programı, Burdur

E-mail: acoban@mehmetakif.edu.tr

## 1. Giriş

Ekoloji terimi, 'ev' anlamına gelen Yunanca 'oikos' kökünden türetilmiş ve 'bilimi' veya 'çalışması' anlamına gelen 'loji' ile birleştirilmiştir. Genel olarak, *doğal ortamda yaşayan canlıları ve bu canlıların cansız çevreleriyle olan etkileşimlerini inceleyen bilim dalı* şeklinde ifade edilen ekoloji, canlı sistemlerin ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerinin incelenmesi olarak da tanımlanmaktadır (Spurgeon, 2002). Bu bilim dalı, organizmaların birbirleriyle, yaşadıkları doğal ortamla etkileşimini, popülasyon dinamiklerini, besin ağlarını ve ekosistemlerin işleyişini incelemektedir (Odum ve Barret, 1971).

1970'lerin sonrasında, çevresel sorunların artan önemiyle birlikte, ekoloji alanındaki araştırma konuları genişleyerek disiplinler arası bir bilim dalına dönüşmüştür. Bu nedenle, ekoloji bilimi çeşitli tanımlamalarla ifade edilmeye başlanmıştır (Gürpınar, 1992). Çepel (1995)'in ifadesine göre, ekoloji artık sadece canlıların yaşam temellerini inceleyen bir bilim dalı olmanın ötesine geçmiştir. Aynı zamanda, doğanın korunmasının ilkelerini öğreten ve insanlığın geleceğini güvence altına almaya çalışan bir disiplin olarak da görülmektedir. Bu değişen tanımlar, kentsel gelişmenin çevreye olan etkilerini azaltmak ve doğal kaynakların akılcı kullanımını sağlamak amacıyla ekolojik planlama ve tasarım yaklaşımlarının benimsenmesini sağlamaktadır.

Ekolojik tasarım, dünya üzerindeki ekosistemin her bir bileşeninin birbirine bağlı olduğu bilinciyle tasarımı geliştirmeyi amaçlamaktadır. İnsan eliyle oluşturulan çevre ve tasarım sistemlerinin doğal çevre ile uyumlu olması, ekolojik tasarımın temel hedefidir (Yeang, 2008). Ekolojik tasarımın uygulanması; enerji tasarrufu ve sürdürülebilirlik konseptlerinin entegrasyonunu gerektirmektedir (Wang, 2021). Bu yaklaşım, tasarım sürecini bütünlük içinde ele alarak sosyal ve psikolojik faktörleri, kültürel tercihleri, yerel ve sembolik değerleri ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca, doğal verilerin içsel dinamiklerini anlamak ve bunlarla uyum içinde tasarım yapmak amacıyla yerel ve sembolik değerlere vurgu yapılmaktadır (Girginer, 2006). Ekolojik tasarımın uygulanmasıyla, yaşam alanlarının çevresel etkileri en aza indirilirken, insanların yaşam kalitesi artırılmaktadır. Bu nedenle, ekolojik tasarım ilkeleri sadece çevre dostu binalar değil, aynı zamanda sürdürülebilir bir toplum oluşturma hedefini de taşımaktadır (Wang, 2021). Ekoloji bilimi, çevresel sorunların artan önemiyle birlikte disiplinler arası bir bilim dalına dönüşmesinin yanı sıra doğal ve sosyal bilimler arasında bir köprü işlevi de görmektedir (Odum ve Barret, 1971).

Ekolojik tasarım yaklaşımlarından biri olan ekolojik yapı kavramı, sadece yeni tasarım süreçlerinin bir sonucu değil; aslında, insanlık tarihindeki ilk yaşam birimlerinin doğayla

uyumunu yansıtan bir olguyu ifade etmektedir. İnsanlık tarihi, ilk yerel mimari örneklerinde topoğrafya, iklim verileri ve yerel malzeme kullanımıyla bütünleşmiş sezgisel bir ekolojik yapı tarzının izlerini taşımaktadır. MÖ 470-399 yılları arasında yaşayan Sokrates, evlerin güneşe bakan kısımlarının kış güneşini içeri çekecek şekilde tasarlanabileceğini ve yaz aylarında güneşin çatıların üzerinden geçerek evi serinletebileceğini belirtmiştir. Buna göre, kış aylarında güney cephesinden daha fazla güneş ışığı alabilmek için binanın güney cephesinin yüksek olması, kuzey cephesinin ise soğuk rüzgârlardan korunmak için daha alçak olması önerilmektedir (Anderson, 1977). Benzer bir şekilde Vitruvius, MÖ 25 yıllarında *De Architectura* adlı eserinde, konut tasarımlarının doğru bir şekilde olması için inşa edildikleri ülke koşulları ve iklimini dikkate almanın önemini vurgulamıştır (Bozdoğan, 2003; İnanç, 2010). Bu örnekler, ekolojik mimari ve yapı tasarımının aslında tarihsel süreçlerde var olan bir kavram olduğunu göstermektedir. Ekolojik bina tasarımının hedefi, enerji, bakım ve onarım maliyetlerini, binayla ilgili hastalıkları, atıkları ve kirliliği azaltmak ve aynı zamanda yapı malzemelerinin verimliliğini, bina konforunu, binanın ve bileşenlerinin dayanıklılığını ve esnekliğini artırmaktır. Bu bağlamda tasarımcılar, çevreye duyarlı, enerji tüketimini en aza indiren, doğal kaynak kullanımını azaltan, yenilenebilir ve yerel kaynakların kullanıldığı, doğal havalandırma ve doğal aydınlatmaya sahip, yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir, vb. özelliklere sahip yapı malzemelerinin kullanıldığı tasarımlar yapmayı amaç edinmektedirler (Emel ve Şenyiğit, 2018).

Ekolojik denge ve çevresel sürdürülebilirlik, günümüzde küresel ölçekte büyük önem taşımaktadır. Çevresel etkiyi azaltmaya yönelik küçük ölçekli ekolojik tasarım yaklaşımlarından bir diğeri de eko-köy uygulamalarıdır. Eko-köy sakinlerinin genel halka kıyasla çok daha az kaynak kullandığını, daha az karbon salınımına ve aynı zamanda yüksek bir yaşam kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir (Jones, 2017; Lockyer, 2017). Eko-köy kavramı ilk olarak Gilman ve Gilman (1991) tarafından, insanların doğayla düşük etkili ve sürdürülebilir bir şekilde etkileşime girebildiği, insan ölçeğinde tam özellikli bir topluluk olarak tanımlanmıştır. Küresel çapta eko-köylerle ilgili araştırmalar yedi temel hususa odaklanmaktadır: Permakültür (Råberg, 2007), enerji arzı ve talebi (Ho ve ark., 2014; Klein ve Coffey, 2016; Tomičić ve Schatten., 2016), ekonomi (Price ve ark., 2020), sosyal çevre (Lockyer, 2017; Roysen ve Mertens, 2019), sürdürülebilir kalkınma (Hall, 2015; Hong ve Vicdan, 2016; Sherry, 2019), farklı eko-köy kavramları (Litfin, 2014; Xue, 2014) ve örnek olay çalışmalarıdır (Kirby, 2003; Ristianti, 2016).

Eko-köyler, topluluk yaşamındaki bilinçli değişikliklere odaklanan, yaşam kalitesini artıran ve sosyal eşitliği teşvik eden alternatif yaşam tarzları sağlamaktadır (Gao ve ark.,



2022). Bunu sürdürülebilir inşaat uygulamalarını, tarım yöntemlerini ve enerji sistemlerini uygulayarak ayrıca toplulukların içinde ekonomik açıdan yeniden yerleşmeyi ve dayanıklılığı teşvik ederek yapmaktadırlar (Willow, 2022). Eko-köy yerleşimleri, yerel halkın yanı sıra günlük yaşam tarzından uzaklaşmak isteyen kişilerin de köyün sosyal yaşamında aktif rol almasını, topluluk hareketliliğinin şekillenmesini, çeşitlenmesini ve ortak kullanım hareketinin oluşmasını sağlamaktadır. Her bir eko-köy yerleşiminin kuruluş hikâyesi ve yöntemleri birbirinden farklıdır, çünkü kuruldukları yerin coğrafi özellikleri ve kuruluş amaçları değişiklik göstermektedir (Asımgil, 2017). Kendi kendine yetebilen insan toplulukları yaratmayı amaçlayan eko-köyler, insanoğlunun ekolojik ayak izini azaltmanın yanı sıra sosyal düzeni sağlamak, gelir ve yaşam düzeyleri açısından adaletsizliği ortadan kaldırmak için çözümler üretmektedir. Eko-köyler; doğal yaşamın ve organik tarımın gerçekleştirildiği, ekonomik, sosyal ve kültürel faaliyetlerin çevreyle bütünleştirildiği bir yaşam alanı oluşturmaktadır. Bu yerleşim birimlerinde organik tarım, yenilenebilir enerji kaynakları, su tasarrufu, geri dönüşüm, atık yönetimi gibi uygulamalar yapılarak doğal kaynakların tükenmesi engellenmeye çalışılmaktadır. Bu sayede, doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilirliği sağlanarak, gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakılması amaçlanmaktadır (Kılıç ve İşcan, 2019). Bu kapsamda eko-köyler ve/veya ekolojik tasarım kriterlerini esas alarak geliştirilen yerleşim alanları üç aşamalı bir süreci benimsemektedir. Bunlardan ilki; sürdürülebilir olma deneyimini geliştirmek ve buna yönelik tasarlanmış alanlara hizmet etmek, ikincisi; yaşamları organize etmek için alternatif araçlar (uygulamalar) sağlamak ve üçüncüsü; sakinlerin kendi alanlarını sürekli olarak müzakere ettiği bir alan olarak hizmet etmektedir (Hong ve Vicdan, 2016).

Bir yerleşim alanının ekolojik tasarım kriterleri kapsamında şekillenmesi aşamasında ilk olarak yer seçimi önem arz etmektedir (Aktuna, 2007; Gökşen ve ark., 2017; Emel ve Şenyiğit, 2018; Arslan, 2021). Yerleşim biriminin kurulacağı alanın bölgesel iklim verilerinin (güneşlenme durumu, sıcaklık/nem ve yağış) iyi bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir (Gökşen ve ark., 2017; Arslan, 2021). Yerleşim birimlerinin tesisinde önemli parametrelerden bir diğeri de alt yapı sistemleridir. Bu sistemler enerji, ulaşım, su ve atık yönetimini kapsamaktadır (Aktuna, 2007; Çetinkaya Karafakı, 2012; Gökşen ve ark., 2017; Emel ve Şenyiğit, 2018; Arslan, 2021; Gürel ve Irlı Eryıldız, 2021; Belek ve Yamaçlı, 2023). Bir yerleşim biriminin yapısal değişkenlerini oluşturan binaya ait özellikler bununla birlikte mekân organizasyonu ayrı ayrı irdelenerek; yapının çevresi ile bir bütün olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Aktuna, 2007; Çetinkaya Karafakı, 2012; Gökşen ve ark., 2017; Emel ve Şenyiğit, 2018; Arslan, 2021; Belek ve Yamaçlı, 2023).

Yukarıdaki bilgiler ışığında; bu çalışmada yapıların ve yapıların bir araya gelmesiyle oluşturulan yerleşim alanlarının sağlıklı, kendi kendine yetebilen, konforlu ve kaliteli bir yaşam alanı sağlaması amacıyla ekolojik tasarım ilkeleri ortaya konulmuştur. Bu bağlamda, ortaya konulan ekolojik tasarım ilkeleri araştırma alanı olarak belirlenen Konya ilinin Hüyük ilçesinde yer alan Sonsuz Şükran Köyü özelinde irdelenmiştir. Ayrıca bu çalışma, çevresel etkileri azaltmaya ve daha sürdürülebilir yaşam tarzlarının geliştirilmesi açısından da örnek teşkil etmektedir.

## **2. Materyal ve Yöntem**

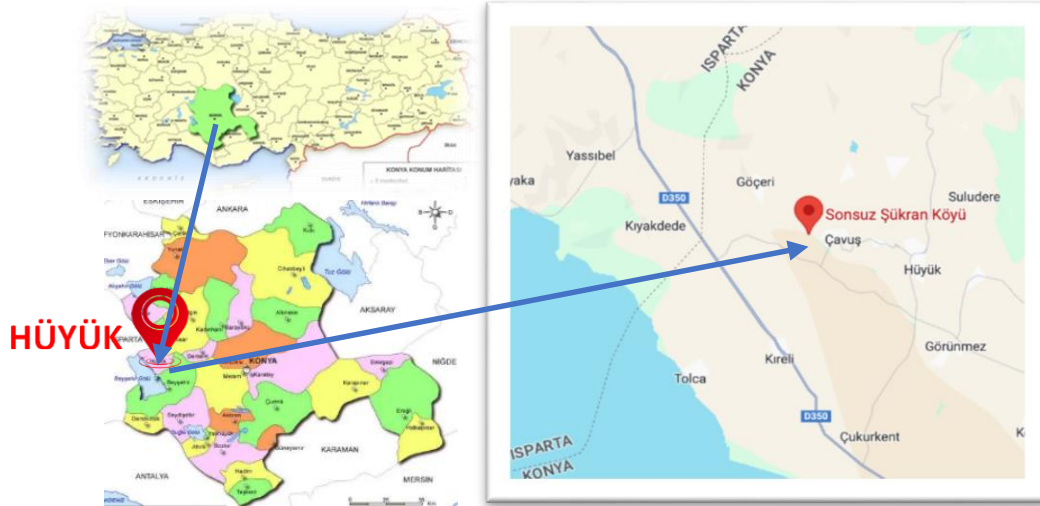
### **2.1. Materyal**

Bu çalışmanın ana materyalini, Konya ilinin Hüyük ilçesinin Çavuş mahallesinde bulunan Sonsuz Şükran Köyü oluşturmaktadır. Sonsuz Şükran Köyü'nün çalışma alanı olarak seçilmesinin nedeni; köyün Türkiye'deki ilk kültür ve sanat köyü örneği olması ve yeni bir yerleşim birimi modeli olarak tasarlanmasıdır.

Diğer materyalleri ise; araştırma alanına ait Google Earth uydu görüntüleri, vaziyet planı ve alanda çekilen fotoğraflar oluşturmaktadır.

#### **2.1.1. Çalışma Alanı**

Hüyük ilçesi, Konya ilinin batısında konumlanmış olup, güneyde Beyşehir ilçesi ve Beyşehir Gölü ile sınırlanmıştır. Ayrıca, Isparta ve Konya sınırlarında yer almaktadır (Şekil 1). Hüyük ilçesi, Konya il merkezine 85 km uzaklıkta olup, Beyşehir'e ise 35 km mesafededir. Yüzölçümü 448 km<sup>2</sup> olan Hüyük ilçesi, Konya'nın 31 ilçesinin içinde en yüksek rakıma sahip ilçelerden biridir (Arslan, 2021). Sonsuz Şükran Köyü, 2010 yılında kurulan, tamamını kerpiç yapıların oluşturduğu bir kültür ve sanat yerleşkesidir (Yeşilyurt ve Köse Doğan, 2022) . 2021 yılı nüfus verilerine göre Sonsuz Şükran Köyü'nün bulunduğu Çavuş mahallesinde 628 kişi yaşamaktadır (TUİK, 2023).



Şekil 1. Sonsuz Şükran Köyü konumu.

## 2.2. Yöntem

Çalışmada izlenen yöntem iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada; yöntemin şekillenmesi amacıyla literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ekolojik tasarım kriterleri irdelenmiştir. Aktuna (2007), Çetinkaya Karafakı (2012), Gökşen ve ark. (2017), Emel ve Şenyiğit (2018), Arslan (2021), Gürel ve İrklı Eryıldız (2021) ve Belek ve Yamaçlı (2023)'nın yapmış olduğu çalışmalarda belirtilen kriter ve alt kriterler değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise; araştırma alanı olarak belirlenen Sonsuz Şükran Köyüne yönelik saha çalışmaları diğer bir deyişle yerinde gözlem çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda Çavuş Mahallesi'nin, mahalle sakini Mustafa Akyüz (2023) ile yüz yüze görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmeler sırasında ortaya konulan ekolojik kriter ve alt kriterler, araştırma alanı özelinde irdelenmiştir. Gürel ve İrklı Eryıldız (2021)'in kullandığı matris esas alınarak geliştirilmiştir. Gürel ve İrklı Eryıldız (2021)'in matriste kullandığı "Var/Yok" değerlendirme yöntemine niceliksel bir nitelik kazandırılmıştır. Bu çalışmanın değerlendirme sisteminde; uygunluk gösteren kriter ve/veya alt kriter "+1" puan, uygunluk göstermeyen kriter ve/veya alt kriter "-1" puan ve olmayan kriter ve/veya alt/kriter "0" değerini almıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Sonsuz Şükran Köyü, Hüyük ilçesinin Çavuş mahallesinde yer almaktadır. Köyün oluşum sürecinde; eski Çavuş Belediye Başkanı Mehmet Çiğdem'in köyden kente göçü azaltmak ve köyün eski canlılığını korumak amacıyla başlattığı çalışmalar önemli bir rol oynamıştır. Proje, Çavuş köy doğumlu yazar ve yönetmen Mehmet Taşdiken'in köyün geçmiş günlerine kavuşabilmesi için köyün muhtarı Kerim Özbaş ile yaptığı görüşmeler sonucunda ortaya çıkmıştır. Mehmet Taşdiken, 2012 yılında eski Çavuş Beldesi Belediye Başkanı Mehmet Çiğdem'in destekleriyle, kültür ve sanata yönelik yeni bir yerleşke modeli tasarlamaya karar vermiştir. Sonsuz Şükran Köyü, Çavuş Köyü'ne oldukça yakın bir bölgede, sonradan yapılan ızgara yerleşke birimine benzer bir yapıda, kurulması planlanan yaklaşık 200 kerpiç yapıyı içeren, bir model olarak planlanmıştır (Arslan, 2021). Köyde 2011 yılında 12-14 konut bulunurken; günümüzde 36 konut bulunmaktadır (Akyüz, 2023). Sonsuz Şükran Köyü'ne ait vaziyet planı Şekil 2'de görülmektedir (Anonim, 2024a).



Şekil 2. Sonsuz Şükran Köyü vaziyet planı (Anonim, 2024b).

İki yapay göletin bulunduğu bir arazi üzerindeki Sonsuz Şükran Köyü'nde bulunan eski tuğla fabrikasının restorasyonu yapılarak “Kırsal Tasarım Atölyesi” haline getirilmesi planlanmaktadır. Aynı zamanda göletin karşı kıyısında bulunan bölüm “Gençlik ve Tarım Kamp Alanı” (Şekil 3) olarak kullanılacaktır (Akyüz, 2023).

Köy, sanat ve kültür etkinliklerinin yapıldığı, tarihi değerlerin korunduğu bir yerleşim modeli olarak tanımlanmaktadır (Yeşilyurt ve Köse Doğan, 2022).

Yerleşim alanlarında yapıların konumlandırılmasında yer seçimi önemli kriterlerden biridir. Yer seçiminin belirlenmesinde değerlendirilen alt kriterler; topoğrafya, güneşlenme

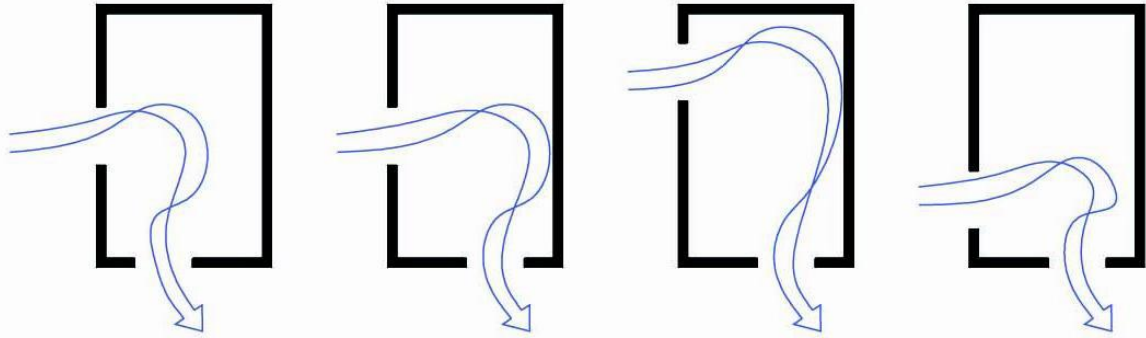
durumu, rüzgâr yönü ve çevresiyle olan ilişkisidir. Sonsuz Şükran Köyü'nün kurulduğu bölgenin eğimi %0-2'lik bir eğim grubuna denk gelmektedir. Araştırma alanının iklimi karasal olup, yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı 16-22°C'ye ulaşabilmektedir. Köyün denize uzak olması ve karasal iklimin hüküm sürmesi nedeniyle havadaki nem oranı yüksek değildir. Bölgenin hâkim rüzgâr yönü kuzey-kuzey doğudur (Arslan, 2021). Çevreyle ilişkisi kapsamında; köyün dokusu ve mimari yapıları, bölgenin ve Selçuklu mimarisinin çizgilerine dikkat edilerek oluşturulmuştur. Coğrafi ve iklim koşullarına uygun olarak köyde düz toprak damlı yapılar yer almaktadır. Geleneksel yapı malzemeleri kapsamında ise kerpiç, ahşap, taş, hasır ve kamış kullanımına özen gösterilerek, modern yapı malzemeleri kullanılmamış ve amaca uygun olarak primitif bir üslup benimsemiştir (Arslan, 2021; Yeşilyurt ve Köse Doğan, 2022; Akyüz, 2023).



**Şekil 3.** Gölet, gençlik ve tarım kamp alanı (Uzunay, 2023).

Bir yerleşim modelinin şekillenmesinde yapı diğer adıyla bina önemli kriterlerden ikincisini oluşturmaktadır. Bu kriter özelinde bina kabuğu, bina formu ve yapı malzemesi alt kriterleri değerlendirilmiştir. Binanın içini binanın dışından ayıran bina kabuğu, hem çevresel sorunların önlenmesinde hem de minimum enerji kullanımı ile ısı konfor seviyesine ulaşılmasında en etkili unsurlardan biridir. Bina kabuğu, sahip olduğu özelliklere paralel olarak, ısı akışını geçiren, güneşten koruyan, doğal havalandırmayı sağlayan, çapraz havalandırmayı gereksinim çerçevesinde kontrol eden, değişken kesitli bir filtre gibi çalışan, ayarlanabilir deliklere sahip olmalıdır. Bina kabuğundaki kapı ve pencere açıklıklarının oranı ve bunların kabuk üzerindeki yerleşimi, binanın ısı kayıp ve kazançlarını, dolayısıyla

iç mekân konfor koşullarını belirlenmelidir. Bina kabuğunda açılacak boşlukların %40 ile sınırlandırılması önerilmektedir. Soğuk iklimlerde, binada güneş kazancını en üst düzeye çıkarmak için güney cephesinde büyük pencereler açılmalı, ancak ısı kayıplarını en aza indirmek için pencere sayısı azaltılmalıdır. Batıdan gelen yatay ve güçlü güneş ışınlarını önlemek için batı cephesinde büyük pencerelerden kaçınılmalıdır. Bina içindeki pencerelerin hava giriş yönüne doğru cephenin karşı tarafındaki yüzeye yerleştirilmesi ile yüksek hızlı yakın hava girişi sağlanabilmektedir. Pencereler rüzgâr yönünde ve rüzgâra ters yönde yerleştirilirse hava iç mekâna aktarılabilir. Pencere ve kapı açıklıklarının karşılıklı olarak açılmasıyla iç mekândaki hava akışı hızlı ve yüksek olmaktadır, fakat mekânın büyük bir bölümünün havalandırılması sağlanmamaktadır. Bu nedenle iç mekân, binanın yan duvarlarına çapraz olarak boşluklar açılarak havalandırılmalıdır (Şekil 4) (Aktuna, 2007; İnanç, 2010).



**Şekil 4.** Komşu duvarlardaki boşluklardan hava hareketi (Aktuna, 2007; İnanç, 2010).

Ekolojik tasarımlarda, ısı kayıplarını mümkün olduğunca azaltmak için bina cephelerinde ve pencerelerde ısı yalıtımı sağlanmalı, özellikle çatı ve cephede yalıtım sağlamak için yeşil doku da kullanılmaktadır. Yeşil dokulu binalar, iç mekânın sıcaklığını depolayarak ve dış cephe ile yalıtım sağlayarak "ısıtma" etkileri nedeniyle soğuk iklimlerde, dış mekânın sıcaklığını iç mekâna yansıtmayarak "soğutma" etkileri nedeniyle de sıcak iklimlerde kullanılmaktadır. Bu yöntemle binanın iklimlendirme maliyetleri de düşürülmektedir (Aktuna, 2007). Birçok eski uygarlıkta yeşil çatılar bugünkü çatı bahçeleri şeklinde değil, basit yapılarla, toprak, saz, vb. yerel malzemelerle uygulanmıştır (İnanç, 2010). Binanın dış cephesinde kullanılan bitkiler, duvar ile yapraklar arasında bir hava tabakası oluşturur, bu hava tabakası sıcak mevsimlerde sıcak havanın dışarı çıkmasını engellerken, soğuk mevsimlerde ise iç mekânda ısınan havanın dışarı çıkmasını engellemektedir. Özellikle güney ve batı cephelerinde yaprak döken bitkiler kullanılırsa,

bitkilerin yaprakları yaz mevsiminde güneş ışınlarını engellerken, kış mevsiminde yapraklar dökülerek binanın dış duvar yüzeylerinin ısınmasını sağlamaktadır (Aktuna, 2007).

Sonsuz Şükran Köyü'ndeki binalar, bina kabuğu kapsamında ele alındığında; binaların yapım sistemi, çatı sistemi, düşey elemanlar olarak irdelenmiştir. Araştırma alanındaki binaların inşasında yapım sistemi olarak yoğun bir şekilde kerpiç malzeme tercih edilmiştir. Diğer ahşap, taş, hasır ve kamış gibi malzemeler destekleyici özellik göstermektedir. Kerpiç, ısı depolamaya uygun doğal ve ısı kütlesi görevi üstlenen bir malzemedir (Bozdoğan, 2003). Günümüzde binalarda yapım sistemi olarak betonarme ve çelik malzeme tercih edilmektedir. Ancak kerpiç, ahşap, taş ve kamış hem doğal hem de sürdürülebilir malzemelerdir. Köydeki binaların çatıları düz toprak dam şeklinde tasarlanmıştır. Bu toprak damın oluşumunda; toprak, hasır ve kamış bulunmaktadır. Bu kapsamda binanın çatısı yalıtımlı olarak değerlendirilmektedir. Pencere ve kapıların konumlandırılmasında %40 kuralına uygunluk gösterilmiş ve Şekil 4'teki pencere konumlanması esas alınmıştır (Şekil 5).



**Şekil 5.** Sonsuz Şükran Köyündeki kerpiç ev örneği (Uzunay, 2023).

Bina iç mekânında istenen iklimsel konforun sağlanabilmesi için binanın ısı kayıp ve kazançlarının belirlenmesi gerekmektedir. Binanın ısı tutma özelliğinin belirlenmesinde bina formu ve yüzey alanları önemlidir. Sıcak iklimlerde yüzeylerde oluşabilecek ısı kayıplarını arttırmak için daha fazla cephe alanına sahip parçalı yapı formları kullanılmalıdır. Soğuk iklimlerde ise binanın dış cephesinde oluşabilecek ısı kayıplarını önlemek için cephe alanı azaltılmalıdır. Bina formu ne kadar kompakt olursa, yüzeylerde o kadar az ısı kaybı meydana gelmektedir. Bina formunun geometrik düzenlemesi güneşten korunma ya da yararlanma açısından düşünüldüğünde, mesafeler istenilen saatlerde gölge

oluşturması ya da oluşturmaması açısından önemlidir. Güneş almak istenen bir yerde bina formunda girinti yapılırken gölgeleme açısından kapalı ya da açık konsollar bulunmaktadır. Binalarda kullanılan gölgeleme yöntemlerinden biri de saçak vasıtasıyla gölgeleme sağlamaktır. Saçak ölçüleri hesaplanırken güneşin kış ve yaz geliş açıları önemlidir. Yazın güneşten korunma sağlamalı, kışın ise kış güneşinin bina içine girişine izin verilmelidir (Aktuna, 2007; İnanç, 2010).

Sonsuz Şükran Köyü'ndeki binaların formu; bölgesel iklime uygunluk, yerel dokuya uygunluk, bitişik nizam (arazi ve enerji tasarrufu yönünden), girintili-parçalı form, kompakt form, boşluk (doğal havalandırma ve aydınlatma için boşluk tasarımı) kapsamında irdelenmiştir. Binaların kuzey cepheleri, genellikle hâkim rüzgâr yönünün etkilerine en çok maruz kalan yüzeylerdir. Güneşin kuzey yönde düşme süresi kısıtlı olduğundan, yapıların kuzey tarafları genellikle daha soğuk olmaktadır. Bu nedenle, ısı kayıplarını azaltmak ve termal konforu artırmak amacıyla kuzey cephesindeki pencere boşluklarının sayısı ve boyutları azaltılarak tedbir alınmaktadır. Konutun kuzey tarafındaki cephesine tuvalet pencereleri açılmıştır. Konutlar güneye yönlendirilmiş ve bu yönü kapsayan cephede pencere sayısı ve boyutları daha fazla oluşturulmuştur. Ön cephelerinin büyük bir bölümünü pencere açıklıkları oluşturmaktadır. Güney cephedeki bu büyük pencereler, kış aylarında güneşin içeri daha fazla girmesine izin vererek doğal ısıtma ve aydınlatma sağlayabilmektedir. Pencerelerin 90 derecelik açılarla konumlandırılması, doğal hava sirkülasyonunu artırarak enerji kullanımını minimum seviyeye indirmeyi amaçlamaktadır. Pencere ve kapı açıklıklarının karşılıklı konumlandırılması, pasif havalandırmaya katkıda bulunmaktadır. Bina duvar kalınlıklarının 50 cm kadar olması ısı konforu ve enerji kazanımı açısından önemlidir. Mekânların taban alanlarının optimum seviyelerde tasarlanması da bina hacmini minimum seviyelerde tutmakta, bu da enerji tasarrufuna katkıda bulunmaktadır. Köydeki binalar mevcut mimari yapıya uyum sağlayacak şekilde tek ya da iki katlı olarak tasarlanmıştır. Yapıların inşasında kerpiç, ahşap ve taş malzemeler kullanılmıştır. Düz damlarda ise kırsal mimariye uygun olarak özgün ve geleneksel mimari yapı korunarak toprak, saman ve kamış gibi malzemeler kullanılmıştır. Köy sakinlerinin yerleştiği 36 kerpiç, ahşap ve taş malzemelerin bir arada kullanılmasıyla ortaya çıkarılmıştır. Yapıların mimarisi ve cepheleri belli noktalarda benzerlik gösterse de mekândaki yaşam, ev sahibinin kullanım şekli, iç mekân tasarımında kullanılan ekipman ve aksesuarlar açısından birbirlerinden oldukça farklıdır (Yeşilyurt ve Köse Doğan, 2022). Yeni eklenen binalar bir tür şaşırtma tekniği kullanılarak konumlandırılmıştır. Bina formlarında geleneksel konut tipolojilerindeki cumbalara yer verilmiştir. Bunun dışında bina cephelerinde fazla girinti-



çıkıntıya yer verilmemiş ve yüzey alanını en aza indirmek amacıyla dikdörtgen prizma şeklinde kompakt bir bina formu kullanılmıştır.

Bina ile birlikte binada kullanılan malzemeler de ekosistemin bir parçasıdır. Bu nedenle kullanılan malzemeler çevre dostu ve doğal olmalı, ekolojik tasarımlarda üretim ve taşıma aşamalarında daha az enerji gerektiren ve bu aşamalarda doğaya mümkün olduğunca az zarar veren malzemeler kullanılmalıdır. Malzemeler yapının inşa, kullanım ve yıkım aşamalarında doğaya en az zararı vermeli ve yıkım sonrasında yeniden kullanılabilir olmalıdır (Aktuna, 2007; İnanç, 2010).

Araştırma alanı özelinde yapı malzemeleri; yerel malzeme, doğal malzeme, geri dönüşümlü malzeme, yapay malzeme ve özel renkli tasarım şeklinde değerlendirilmiştir. Ana yapı malzemesi kerpiçtir. Kerpiç, karasal iklimin olduğu bölgelerde, gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farklarının yüksek olduğu yerlerde oldukça faydalıdır. Kerpiç tuğlalarından yapılan duvarlar, iç mekândaki ani sıcaklık değişimlerine karşı koruma sağlayarak ısıyı depolayabilir. Ayrıca, kerpiç iyi bir ses yalıtımı sağlamakta ve yanmaz özelliği sayesinde yangına karşı dirençlidir. Kerpiç, doğaya zarar vermeyen sürdürülebilir bir malzemedir. Kerpiç malzemenin ömrü tamamlandığında doğaya zarar vermeksizin geri dönüşümü yapılmaktadır. Bunun dışında tamamlayıcı olarak ahşap ve taş malzeme binaların farklı bölümlerinde (cephe, pencere ve kapı açıklıkları) kullanılmıştır. Bölgeden elde edilen kayalar, taşlar kullanılarak yollar ve patikalar oluşturulmuştur. Belirtilen alanlar, doğal malzemeler ile tesis edilmiştir. Kamış ve hasır ise binaların çatı sistemlerinde yer almaktadır. Kerpiç binaların kapı ve pencere çerçevelerinde kullanıcının seçimine göre renk uygulaması da yapılmıştır.

Ekolojik tasarım kriterleri kapsamında enerji oldukça önemli üçüncü kriterdir. Günümüzde kentleşme oranının artmasıyla birlikte binalara olan ihtiyaç daha da artış göstermektedir. Ekolojik tasarım yaklaşımı, doğa dostu, sürdürülebilir bir yaklaşım ya da enerji etkin tasarım yöntemleri benimsenmeyen binalar ve/veya mekânlar, kentlerin sadece tüketen alanlar olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle binalarda, mahallelerde, bölgelerde ve kentlerde yenilenebilir enerji kaynağı (güneş, rüzgar vb.) kullanımı benimsenmelidir. Bu kapsamda Sonsuz Şükran Köyü'nde binalarda ya da köyde yenilenebilir enerji kaynakları pasif ve aktif sistemler olarak değerlendirildiğinde pasif sistemlere yönelik (doğal havalandırma, doğal aydınlatma, ısı kontrolü) uygulamalara yer verildiği; aktif sistemler için uygulamaların olmadığı tespit edilmiştir. Bunun dışında binalarda ve köyde elektrik enerjisi kullanılmaktadır.

Dördüncü kriter olarak incelenen ekolojik tasarım kriteri atık yönetimi olup, bu kriter için incelenen alt kriterler; geri dönüştürülebilir malzemeler, yağmur suyu depolama, gri su arıtma sistemi, siyah su arıtma sistemi, katı atık / biyolojik atık dönüşümüdür. Ekolojik bir bina tasarımında en önemli parametre yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir malzemelerin tercih edilmesidir. Ahşap, çelik, beton, cam gibi yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir malzemeler atık oluşumunu önlemek ve doğal kaynakları korumak için gereklidir. Bina kullanım ömrünü tamamladıktan sonra malzeme veya ürünün bu özelliklere sahip olması da atık oluşumunu engeller. İnşaat, kullanım ve yıkım aşamalarında etkin bir parametre olarak atık sorunu için uygun çözümler geliştirilmelidir. Yağmur suyu toplama, yağmur suyunun borular vasıtasıyla çatılardan toplanarak yer altı su depolarında biriktirilmesini ifade etmektedir. Depolanan su, bahçe sulamasında veya su tasarrufu için rezervuarlarda kullanılmaktadır. Depolanan suyun yeniden kullanımı gri su döngüsü olarak adlandırılmaktadır. Ekolojik binalarda yağmur suyunun depolanması ve kullanılması etkili bir yöntemdir. Siyah su, tuvalet sifonları ve sulama için biyolojik arıtma sistemi ile arıtılmış tuvalet atık suyunun depolanması ve yeniden kullanılmasıdır. Biyolojik arıtma sistemi, evsel atıkların düşük enerji tüketerek bakteriler yardımıyla arıtılmasıdır. Elde edilen katı atıklar da kurutularak gübre olarak kullanılabilir (Gökşen ve ark., 2017). Sonsuz Şükran Köyü'nde geri dönüştürülmüş malzeme kapsamında kerpiç, ahşap, taş, kamış ve hasır kullanma ömrünü tamamladığında doğaya zarar vermeksizin geri dönüşümü yapılmaktadır. Araştırma alanında diğer alt kriterler açısından değerlendirme yapıldığında uygunluk olmadığı belirlenmiştir.

Ekolojik tasarım kriterleri açısından ulaşımda sera gazlarındaki payının göz önünde bulundurulması, yaya ve bisiklet odaklı düzenlemeler ve yenilenebilir enerji kullanan araçların kullanılması önem arz etmektedir. Bu kapsamda araştırma alanında yaya ağırlıklı düzenlemeler yer almaktadır. Köy sakinleri ve ziyaretçileri kapsamında ise zaman zaman bisiklet ve elektrikli araç kullanımları da gözlenmektedir. Ancak köyde bisiklet yolu ve şarj istasyonları bulunmamaktadır.

Mekân organizasyonu, ekolojik tasarım kriterlerinden bir tanesidir. Bu kritere ait alt kriterler; yerel kültüre göre tasarım, kapalı, yarı açık ve açık mekân tasarımı, kullanıcı sağlığı ve verimliliğidir. Bölgenin sosyal yapısı, yaşam tarzı ve gelenekleri mekânsal organizasyon üzerinde büyük etkiye sahiptir. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ve ihtiyaçların farklılaşması ile tasarımlara yeni mekânlar eklenmektedir. Mekân organizasyonu, kullanıcı gereksinimleri ve tercihleri ile estetik kararların bir kombinasyonudur. Bu kombinasyonların her biri bina enerji performansı ve çevresel etki için önemli girdiler sağlar. Bu anlamda

kapalı, açık ve yarı açık mekânların kullanımı, bu mekânların yönlendirilmesi, mekânların sınırlarını belirleyen iç ve dış yüzeylerdeki ısı kayıp ve kazançları mekân organizasyonunun enerji kullanımı üzerindeki etkisini belirler (Gökşen ve ark., 2017). Mekân organizasyonunda, mekânların hangi amaçlar için kullanılacağına ve ne kadar ısı ve ışığa ihtiyaç duyulacağına karar verilmelidir. Yaşam alanları ve odalar doğudan batıya doğru konumlandırılırsa ısı ve ışık için en uygun fayda sağlanır. Isı ve ışığa en çok ihtiyaç duyan ve sürekli sıcak olması gereken binalarda yaşam alanları güney yönünde yerleştirilmelidir. Güney cephedeki geniş pencere açıklıkları güneş ışınlarının içeri girmesine izin vererek büyük miktarda ısı kazanımı ve doğal aydınlatma sağlar. Binalarda ısı kayıplarının en fazla olduğu yön kuzey yönü olarak kabul edilir. Soğuk kış rüzgârlarının etkilerinden korunmak için kuzey yönünde daha az ısı ve ışığa ihtiyaç duyar; Depolar, kilerler ve ıslak hacimler yerleştirilerek tampon bölge oluşturulur. Batı, güneş ışınlarının en yatay ve kuvvetli geldiği yöndür. Batı yönüne büyük pencere yerleştirmekten kaçınılmalı, ağaçlandırma yapılmalı veya güneşin etkilerinden korunmak için güneşlikler kullanılmalıdır. Rüzgârın doğru tasarımlarla yönlendirilmesiyle iklimlendirmede önemli enerji kazanımları sağlanabilmektedir. Doğal havalandırma ile taze ve temiz hava sağlanırken mekânların soğutulması da mümkündür (Aktuna, 2007; İnanç, 2010). Mekânın doğru tasarlanması ile sürekli ısıtılması gereken odaların etrafı kısa süreliğine ısıtılan odalarla çevrilmelidir. Bu nedenle yatay ve düşey konumlarda sıcak ve az sıcak bölgeler oluşturulmalıdır. Sıcaklıkları farklı olan bu alanların dışarıda da bir tampon bölge ile çevrelenmesi gerekmektedir. Isıtılmamış dış güvenlik bölgesi cam yürüyüş yolları, garajlar, bodrum katları, rüzgâr kesiciler ve koridorlardan oluşmalıdır. Bu grup aynı zamanda güneye yönelik kış bahçeleri ve seraları da içermektedir. Bu odalar dış hava sıcaklığına bağlı olarak kademeli olarak dışarıya açılabilir. Böylece yaz aylarında termal geçiş bölgesi oluşturularak iç mekânların dış mekânlara bağlanması sağlanır. Bu da yaz ve kış aylarında benzersiz kullanımını sağlar. Kış bahçeleri, yarı açık geçişler ve koridorlar sürgülü veya katlanır cam bölmeler kullanılarak dışarıya açılmalı, yaz aylarında iç mekânlar havalandırılmalıdır. Bu, yaz aylarında büyük bölgelerde sıcaklıkların yükselmesini önler (İnanç, 2010). Tasarımın iklime uygun olması, doğal havalandırma, doğal ışık, vb. özelliklere sahip binalarda kullanıcıların sağlığı ve verimliliği sağlanmaya çalışılmaktadır (Gökşen ve ark., 2017). Araştırma alanı kapsamında bu kriter ve alt kriterler değerlendirildiğinde yerel kültüre uygun bir tasarım köy genelinde benimsenmiştir. Konya ve civarlarındaki tarihi yapılarda, kerpiç malzemenin yaygın bir şekilde kullanıldığına dair örnekler bulunmaktadır. MÖ 7200 yıllarında Konya'da yapılmış olan Çatalhöyük'te inşa edilen binalarda, duvarlarda kerpiç ve

ahşap kombinasyonu kullanılmıştır. Ayrıca, Selçuklu dönemine ait olan Konya Köşkü'nün duvarlarında da kerpiç malzeme kullanılmıştır. Bu yapı, çevresel etkenlerin olumsuz etkilerinden korunmak amacıyla üzeri kabuk sistemle örtülerek, günümüze kadar ayakta kalmayı başarmıştır (Koçu, 2012). Kapalı, yarı açık ve açık mekân tasarımı alt kriteri kapsamında tüm mekânların ısı ve ışık kontrolü sağlanarak enerjinin etkin kullanımına dikkat edilmiştir. Kullanıcı sağlığı ve verimliliği alt kriteri kapsamında; önerilen yapıda, ısı üreten mekânlar olan mutfak, atölye ve sofa stratejik bir şekilde konumlandırılmıştır. Mekânlar arasındaki bu düzenleme, ısı aktarımını sağlayarak daha az vakit harcanan atölyenin kuzey cephesine yerleştirilerek tampon alan oluşturulmuştur. Güney cephesindeki mahaller, kışın ısınması daha kolay olan alanlar olarak planlanmış olsa da yaz aylarında aşırı ısınma yaşanmamasına dikkat edilmiştir.

Ekolojik tasarım kriterlerinin sonuncusu bitkisel tasarımdır. Bitkisel tasarım kriterlerine ait alt kriterler ise; doğal tür seçimi, bitki türlerinin kullanım yerine uygun olması, bitki türlerinin bakım isteklerinin az olması, bitkisel tasarım öge ve ilkelerine uygunluk, bitki türlerinin fiziksel (yaprak, dal, sürgün, çiçek, meyve, gövde özellikleri ve mevsimsel değişimler) özellikleri, bitki türlerinin fonksiyonel (gürültü, koku ve görüntü perdeleme, erozyon kontrolü, ışık kontrolü ve kirlilik kontrolü) özellikleridir. Başarılı bir bitkisel tasarımının oluşturulabilmesi için tasarımın unsur ve ilkelerinin iyi bir şekilde oluşturulması ve tasarımın uygulanacağı alanın ekolojik ortamına ve yapısal karakterine uygun olması gerekmektedir. Ancak Erbaş (2003)'ın belirttiği gibi, projenin ne kadar başarılı olduğunun değerlendirilebilmesi için bitkisel tasarımının çevresel, fonksiyonel ve estetik amaçlara hizmet etmesi gerekmektedir. Bitkiler form, doku, koku, mevsimsel renklenme (çiçek, yaprak, meyve, dal-sürgün, gövde), zamansal değişim (büyüme, yaprak dökümü) gibi özellikleriyle duyularımıza hitap ederek yaşadığımız dış mekânlardan memnuniyetimize katkıda bulunurken, işlevsel olarak da dinamik ve daha yaşanabilir mekânlar yaratmaktadırlar. Bununla birlikte bitkisel tasarım, insanlar üzerinde fiziksel, duyuşsal ve psikolojik etkiler gibi farklı işlevlere sahiptir (Sarı ve Karaşah, 2018).

Çalışma alanının peyzajında tamamen doğal Sultan dağlarının kendine özgü bitki örtüsü tercih edilmiştir. Çalışmada, yörenin bitki türlerinden; *Abies cilicica*, *Acer hyrcanum*, *Castanea sativa*, *Cedrus libani*, *Juniperus communis* 'Nana', *Juniperus excelsa*, *Juniperus foetidissima*, *Juniperus oxycedrus*, *Pinus brutia*, *Pinus nigra*, *Pinus silvestris*, *Populus tremula*, *Pyrus elaeagrifolia*, *Quercus brantii*, *Quercus cerris*, *Quercus coccifera*, *Quercus infectoria*, *Quercus ithaburensis*, *Quercus libani*, *Quercus pubescens*, *Quercus trojana*, *Quercus vulcanica*, *Pistia terbinthus*, *Salix sp.*, *Tilia sp.*, *Prunus sp.*, *Acantholimon sp.*,

*Astragalus sp.*, *Berberis vulgaris*, *Cistus creticus*, *Cistus laurifolius*, *Crataegus orientalis*, *Daphne oleoides*, *Hypericum perforatum*, *Jasminum fruticans*, *Lonicera orientalis*, *Rosa canina*, *Salvia officinalis*, *Styrax officinalis*, *Thymus sp.* kullanılması planlanmaktadır (Kaya ve Şimşek, 2014; URL-2, 2024). Ayrıca alana yakın olması sebebiyle Isparta'nın güllerinin de bu projede yer alması planlanmaktadır. Bu köyde bir de şifalı bitkiler, aromatik bitkiler kullanılması ve her bitkinin mutlak bir tanıtım levhası yer alması planlanmaktadır (URL-2, 2024).

2017 yılında Sonsuz Şükran Köyü sakinlerinin katılımı ve Konya Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nin desteğiyle köyde bağ ve bahçe için bir alan tespit edilerek, "Yöresel Bitkiler Parkı" oluşturulmuş ve ziyarete açılmıştır (Şekil 6). Hüyük bölgesine özgü endemik bitki türleri belirlenen arazilere dikilmiştir. Sonsuz Şükran Köyü'nde, kültür ve sanat anlamında Türkiye'ye değer kazandırmış ve hayatını kaybeden sanatçılar için 2019 yılından itibaren 'Büyük Ustalar Çınarlığı' ismi verilen bir proje başlatılmıştır. Çınarlıkta ismi yaşatılan mimarlar, sanatçılar ve yazarlar; Neşet Ertaş, Müslüm Gürses, Yaşar Kemal, Ara Güler, Mehmet Ali Birand, Attila İlhan, Cengiz Bektaş olarak karşımıza çıkmaktadır (Yeşilyurt ve Köse Doğan, 2022).



**Şekil 6.** Sonsuz Şükran Köyü'ndeki yöresel bitkiler parkı (Uzunay, 2023).

Yukarıda belirtilen bilgiler ışığında, bitkisel tasarım kriterine ait alt kriterler irdelendiğinde; çalışma alanında doğal tür seçimine ve bitki türlerinin kullanılacağı yöreye uygun olmasına dikkat edilmiştir. Doğal tür seçiminin ve yöreye uygun bitki türlerinin tercih

edilmesi bitkilerin bakım isteklerinin az olmasını sağlamaktadır. Araştırma alanında yerinde gözlemler yapılarak bitkilerin, tasarım öğeleri (çizgi, yön, biçim, ölçü, aralık, doku, renk, değer, hareket, ışık ve gölge) ve ilkeleri (tekrar, ardışık tekrar, uygunluk, zıtlık, baskınlık, denge ve birlik) esas alınmadan uygulandığı tespit edilmiştir.

#### 4. Sonuçlar

Sonsuz Şükran Köyü, 7 ekolojik tasarım kriteri kapsamında değerlendirildiğinde; uygun olan kriter ve/veya alt kriterlerden aldığı toplam puan +30, uygun değil olarak aldığı toplam puan ise -1'dir. Ayrıca bazı kriterlere ait alt kriterlerin, araştırma alanında bulunmaması 0 olarak değerlendirmeye alınmıştır. 7 ekolojik kriterin tamamında uygunluk sağlaması sonucunda +44 puan alınması gerekmektedir. Her iki sonuç karşılaştırıldığında araştırma alanının ekolojik tasarım kriterlerine uygunluğunun % 68,18 olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Sonsuz Şükran Köyü'nün değerlendirildiği ekolojik tasarım kriter ve alt kriterleri.

KRİTER	ALT KRİTER	ALT KRİTERLERE AİT ÖZELLİKLER	UYGUN (+1)	UYGUN DEĞİL (-1)	YOK (0)	
YER SEÇİMİ	Topoğrafya		+1			
	Güneşlenme durumu		+1			
	Rüzgâr yönü		+1			
	Çevresiyle ilişkisi		+1			
BİNA	Bina Kabuğu	Yapım sistemi	Kerpiç	+1		
			Ahşap	+1		
			Taş	+1		
			Betonarme		0	
			Çelik		0	
		Karma	+1			
	Çatı sistemi	Yalıtımlı çatı	+1			
		Yeşil çatı			0	
	Düşey elemanlar	Pencere konumu	+1			
		Kapı konumu	+1			
	Bina formu	Bölgesel iklim uygunluk	Yerel dokuya uygunluk	+1		
			Bitişik nizam	+1		
			Girintili-parçalı form	+1		
			Kompakt form	+1		
Yerel malzeme			+1			
Doğal malzeme			+1			
Yapı malzemesi	Geri dönüşümlü malzeme	Yapay malzeme			0	
		Özel renkli tasarım	+1			
		Güneş enerjisi			0	
		Rüzgâr enerjisi			0	
ATIK YÖNETİMİ	Geri dönüşümlü malzeme	Yağmur suyu depolama			0	
		Gri su arıtım sistemi			0	
		Siyah su arıtım sistemi			0	
		Katı atık/biyolojik atık dönüşümü			0	
		Yaya		+1		

	Bisiklet					0
	Elektrikli araç					0
MEKÂN ORGANİZASY ONU	Yerel kültüre göre tasarım			+1		
	Kapalı, yarı açık ve açık mekân			+1		
	Kullanıcı sağlığı ve verimliliği			+1		
BİTKİSEL TASARIM	Doğal tür seçimi			+1		
	Bitki türlerinin kullanılacağı yöreye uygun olması			+1		
	Bitki türlerinin bakım isteklerinin az olması			+1		
	Bitkisel tasarım öge ve ilkelerine uygun olması				-1	
	Bitki türlerinin estetik özellikleri			+1		
	Bitki türlerinin fonksiyonel özellikleri			+1		
TOPLAM				+30	-1	0
*7 EKOLOJİK KRİTER VE ALT KRİTERLERİN TAMAMINDA UYGUNLUK SAĞLAMASI SONUCUNDA TOPLAM				+44	-	-

Çizelge 1 incelendiğinde; Sonsuz Şükran Köyü'nde yer seçimi, bina, mekân organizasyonu ve bitkisel tasarım kriterlerine yönelik oluşturulan alt kriterlerin büyük bir çoğunluğunun uygunluk gösterdiği sonucuna varılmaktadır. Ancak bina kriterine ait bina kabuğu alt kriterinin özellikleri kapsamında yer alan çatı sisteminde yeşil çatı uygulaması, araştırma alanında yapılmamıştır. Bina tasarımlarında yeşil çatı uygulamalarının tercih edilmesi hem yerleşim birimi hem de binalar için enerji etkin kullanımı desteklemekte, ısı etkisini azaltmakta CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltmakta ve yerleşim birimlerinin nefes alan mekânlara dönüşmesine yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte bitkisel tasarım kriterinde uygunluk göstermeyen alt kriter, bitkilendirmenin bitkisel tasarım öge ve ilkelerine uygun bir şekilde yapılmamasıdır. Söz konusu alt kriterin bitkilendirme çalışmalarında mutlaka göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Böylece bitkiler fonksiyonel özellikleri kapsamında başarılı bir etki ortaya koyacaktır. Bir yerleşim biriminin alt yapı niteliğini taşıyan enerji, atık yönetimi ve ulaşım kriterleri ve bu kriterlere ait alt kriterler, araştırma alanında saptanmamıştır. Bu kapsamda köyün yeni bir yerleşim modeli olmasından dolayı bu kriter ve alt kriterlere yönelik uygulamaların yapılması gerekmektedir. Böylece Sonsuz Şükran Köyü hem eko-köy olmayı sağlayacak hem de sanat ve kültür köyü özelliğini pekiştirecektir.

Bu çalışma, Sonsuz Şükran Köyü'nde ekolojik tasarım kriterlerine yönelik uygulamaları değerlendirerek, yerel ölçekte sürdürülebilirlik ve çevre bilinci konularında ilham kaynağı olabilecek önemli bulgular ortaya koymaktadır. Sonsuz Şükran Köyü, ekolojik tasarım kriterlerinin sadece çevresel etkilerini azaltmakla kalmayıp aynı zamanda toplumsal ve kültürel değerleri koruma ve güçlendirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda sadece yenilikleri değil, bu yeniliklerin daha geniş toplumlara yayılma ve onlar tarafından benimsenme şekline de dikkat edilmesi gerekmektedir.

## Kaynaklar

- Aktuna, M. (2007). “Geleneksel Mimaride Binaların Sürdürülebilir Tasarım Kriterleri Bağlamında Değerlendirilmesi Antalya Kaleiçi Evleri Örneği”. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akyüz, M. (2023). Yüz yüze görüşme.
- Anderson, B. (1977). *Solar energy: fundamentals in building design*. McGraw Hill Book Co.
- Arslan, H. D. (2021). Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanındaki Akademik Çalışmalar. A. Eraslan (Ed.), Konya Sonsuz Şükran Köyü Konutlarının Ekolojik Yönden İncelenmesi. Duvar Yayınları.
- Asımgil, B. (2017). Eko Köylerin Tanımlama Yaklaşımlarına Göre Karakteristik Özelliklerinin Saptanması. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(2), 95-111.
- Belek, A. N., ve Yamaçlı, R. (2023). Ekolojik Binaların Sürdürülebilir Tasarım Kriterleri ve Değerlendirme Süreci. *Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 8(2), 529-550.
- Bozdoğan, B. (2003). “Mimari Tasarım ve Ekoloji”. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çepel, N. (1995). *Çevre Koruma ve Ekoloji Terimleri Sözlüğü*. Türkiye Erozyonla Mücadele Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları.
- Çetinkaya Karafakı, F. (2014). “Eski Türk Kentlerinde Ekolojik Parametrelerin Yerleşim Üzerine Etkilerinin İrdelenmesi, Beypazarı Kent Merkezi Örneği”. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Emel, P., ve Şenyiğit, Ö. (2018). Ekolojik ve Sürdürülebilir Mimarlıkta Ekolojik Değerlendirme Yöntemleri. *Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 36(7), 41-54.
- Gao, L., Tao, F., Liu, R., Wang, Z., Leng, H., & Zhou, T. (2022). Multi-scenario simulation and ecological risk analysis of land use based on the PLUS model: A case study of Nanjing. *Sustainable Cities and Society*, 85, 104055.
- Gilman, R., & Gilman, D. (1991), *Eco-Villages and Sustainable Communities, A Report for Gaia Trust, Context Institute, Bainbridge Island, Washington*.
- Girginer, D. (2006). “Kentsel Tasarım ile Ekolojik Sürdürülebilirliğin İlişkilendirilmesi ve Toplu Konut Gelişme Bölgelerinde Örneklenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.



- Gökşen, F., Güner, C., ve Koçhan, A. (2017). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Ekolojik Yapı Tasarım Kriterleri. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 3(1), 92-107.
- Gürpınar, E., (1992). *Çevre Sorunları*. Der Yayınları.
- Gürel, J., ve Irklı Eryıldız, D. (2021). Ekolojik Yapıların Temel Tasarım Ölçütleri Açısından Değerlendirilmesi. *PEYZAJ-Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 3(1), 1-27.
- Hall, R. (2015). The ecovillage experience as an evidence base for national wellbeing strategies. *Intelektinė ekonomika*, 9(1), 30-42.
- Ho, W. S., Hashim, H., & Lim, J. S. (2014). Integrated biomass and solar town concept for a smart eco-village in Iskandar Malaysia (IM). *Renewable Energy*, 69, 190-201.
- Hong, S., & Vicdan, H. (2016). Re-Imagining the Utopian: Transformation of a Sustainable Lifestyle in Ecovillages. *Journal of Business Research*, 69(1), 120-136.
- İnanç, T. (2010). “Geleneksel Kırsal Mimari Kimliğin Ekoloji ve Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi Rize Çağlayan Köyü Evleri Örneği”. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Jones, M. (2017). *Sustainable event management: A practical guide*. Routledge.
- Kaya, B., ve Şimşek, M. (2014). Beyşehir Yöresi’nde (Konya) Sıcaklık, Yağış ve Vejetasyon İlişkisinin Araştırılması. *Turkish Studies - International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 9(8),623-650.
- Kılıç, D., ve İşcan, F. (2019). *Dünya’da ve Türkiye’de ekolojik köy uygulamaları*. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 17. Türkiye Harita ve Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 1-9, Ankara.
- Kirby, A. (2003). Redefining social and environmental relations at the ecovillage at Ithaca: A case study. *Journal of Environmental Psychology*, 23(3), 323-332.
- Klein, S. J., & Coffey, S. (2016). Building a Sustainable Energy Future, One Community at a Time. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 867-880.
- Koçu, N. (2012). Sürdürülebilir Malzeme Bağlamında Kerpiç ve Çatı-Cephe Uygulamaları (Konya-Çavuş Kasabası Örneği). Erişim Adresi: [https://www.yesilbinadergisi.com/yayin/709/surdurulebilir-malzeme-baglaminda-kerpic-ve-cati-cephe-uygulamalari-konya-cavus-kasabasi-ornegi-\\_21390.html](https://www.yesilbinadergisi.com/yayin/709/surdurulebilir-malzeme-baglaminda-kerpic-ve-cati-cephe-uygulamalari-konya-cavus-kasabasi-ornegi-_21390.html) Erişim Tarihi: 21.11.2023
- Litfin, K. T. (2014). *Ecovillages: Lessons for sustainable community*. John Wiley & Sons.

- Lockyer, J. (2017). Community, Commons, and Degrowth at Dancing Rabbit Ecovillage. *Journal of Political Ecology*, 24(1), 519-542. doi: <https://doi.org/10.2458/v24i1.20890>.
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (1971). *Fundamentals of ecology*. Philadelphia: Saunders.
- Price, O. M., Ville, S., Heffernan, E., Gibbons, B., & Johnsson, M. (2020). Finding Convergence: Economic Perspectives and the Economic Practices of an Australian Ecovillage. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 34, 209-220.
- Råberg, T. (2007). Permaculture Design in an Ecovillage: In Theory and Practise. Sveriges lantbruksuniversitet. Erişim Yeri: [https://stud.epsilon.slu.se/12503/1/raberg\\_t\\_171026.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/12503/1/raberg_t_171026.pdf). Erişim Tarihi: 12.12.2023.
- Ristianti, N. S. (2016). SMART eco-village for hazardous coastal area in Bedono Village, Demak Regency. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 227, 593-600.
- Roysen, R., & Mertens, F. (2019). New Normalities in Grassroots Innovations: The Reconfiguration and Normalization of Social Practices in an Ecovillage. *Journal of Cleaner Production*, 236(1), 117647.
- Sarı, D., ve Karaşah, B. (2018). Bitkilendirme Tasarımı Öğeleri, İlkeleri ve Yaklaşımlarının Peyzaj Tasarımı Uygulamalarında Tercih Edilirliği Üzerine Bir Araştırma. *Megaron*, 13(3), 470-479.
- Sherry, J. (2019). The Impact of Community Sustainability: A Life Cycle Assessment of Three Ecovillages. *Journal of Cleaner Production*, 237(10), 117830.
- Spurgeon, R. (2002). *Ekoloji. çev. Deniz Yurtören*. Tübitak Yayınları.
- Tomičić, I., & Schatten, M. (2016). A Case Study on Renewable Energy Management in an Eco-Village Community in Croatia—an Agent Based Approach. *International Journal of Renewable Energy Research*, 6(4), 1307-1317.
- TUİK, 2023. Adrese Dayalı Kayıt Sistemi, Erişim Yeri: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109> Erişim Tarihi: 14.10.2023
- Anonim, (2024a). Sonsuz Şükran Köyü Vaziyet Plan. Erişim Yeri: <http://www.sonsuzsukran.org/planlama-ve-mimari.html>, Erişim Tarihi: 10.07.2024.
- Anonim, (2024b). Sonsuz Şükran Köyü'nün peyzajında tercih edilen bitki türleri. Erişim Yeri: <http://www.sonsuzsukran.org/mimari-planlama-yerle351im-plan305-ccedilevre-ve-tarihi.html>, Erişim Tarihi: 10.07.2024.
- Uzunay, H. B. (2023). Sonsuz Şükran Köyü fotoğraf arşivi.

- Wang, B. (2021). Interior decoration design and ecological reconstruction based on ecological energy saving technology. *Energy Reports*, 7, 49-61.
- Willow, A. (2022). Visions of transition: centering the future in engaged sustainability research. *SN Social Sciences*, 2(5), 56.
- Xue, J. (2014). Is eco-village/urban village the future of a degrowth society? An urban planner's perspective. *Ecological economics*, 105, 130-138.
- Yeang, K. (2008). Ken Yeang'ın Ekolojik Tasarım Yaklaşımı. *Yapı Dergisi*, 318, 112-118.
- Yeşilyurt, D., ve Köse Doğan, R. (2022). Kültür-Sanat Köyü Örneği: Konya/Sonsuz Şükran Köyü Evlerinin İncelenmesi. *Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 12(2), 258-279.

## Orman Yangını Müdahale İşçilerinin Orman Yangınlarıyla Mücadelede Karşılaşılan Sorunlara Yönelik Görüşleri\*

### Perspectives of Forest Fire Response Workers on the Challenges Faced During Forest Fire Suppression

 İsmail Şafak<sup>1</sup>,  Taner Okan<sup>2</sup>,  Devrim Karademir<sup>3</sup>

#### Özet

Bu çalışmada, Türkiye’de orman yangınlarıyla mücadele faaliyetlerinde çalışan orman yangını müdahale işçilerinin yangın sırasında karşılaştıkları sorunlara ilişkin görüşleri alınmıştır. Bu amaçla Türkiye’de 21 orman bölge müdürlüğüne bağlı 72 orman işletme müdürlüğünde görev yapan 651 orman yangın işçisine anket uygulanmıştır. Anket uygulaması, beş yangın hassasiyet bölgesi dikkate alınarak yürütülmüştür. Orman yangınlarına müdahale işçileri, anket sorularını dokuz noktalı cevaplama ölçeği doğrultusunda yanıtlamıştır. Farklı yangın hassasiyet bölgelerinde çalışan orman yangınlarına müdahale işçilerinin görüşleri arasındaki istatistikî farklılık Kruskal-Wallis H ve Mann-Whitney U testleri ile incelenmiştir. Orman yangını müdahale işçilerinin ortalama yaşı 34,1, ortalama görev süresi ise 8,8 yıldır. Bu işçilerin %65,4’ü en az lise düzeyinde eğitim almış olup %55’i evlidir. İşçiler, personel ve ekiplerin sayıca orta düzeyde yeterli olduğunu, çalışma saatlerinin fazla olmasının verimi orta düzeyde olumsuz etkilediğini belirtmiştir. İşçiler, gözetleme kulelerinin, kameralı ve uzaktan izleme çalışmalarının, yangın riski yüksek alanlarda ilave gözetleme ve devriye faaliyetlerinin orman yangınlarının tespitinde önemli bir yerinin olduğunu düşünmektedir. Halkın ormana giriş-çıkışı ve mesire yerlerinin kontrol altına alınmasına yönelik faaliyetler işçiler tarafından oldukça önemli bulunmuştur. Bununla birlikte, orman yangınlarıyla mücadele açısından mevcut durumda görev dağılımı, iletişim ve koordinasyona yönelik sorunlar önemli görülmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Orman yangınları, yangın işçisi, Yangın gözetleme kulesi.

#### Abstract

In this research, the perspectives of forest fire response workers engaged in forest fire suppression operations in Turkey were gathered regarding the challenges encountered during firefighting incidents. A survey was administered to 651 workers operating within 72 forest management directorates under the jurisdiction of 21 regional forest directorates in Turkey. Respondents, using a nine-point scale, provided feedback to survey inquiries. The study employed Kruskal-Wallis H and Mann-Whitney U tests to analyze potential statistical variances among the viewpoints of forest fire response workers across the five fire sensitivity zones. The average age and tenure of workers were recorded as 34.1 years and 8.8 years, respectively. A majority (65.4%) of these workers possessed a minimum of a high school education, and 55% were married. Workers indicated that the adequacy of personnel and teams was moderately satisfactory, while extended work hours were perceived to moderately impede productivity. Workers highlighted the significance of watchtowers, cameras, remote monitoring initiatives, and additional surveillance and patrol operations in high fire-risk areas for early detection of forest fires. Measures aimed at regulating public access to and from forest and recreational areas were deemed highly important by the workers. Nevertheless, issues related to task allocation, communication, and coordination were not deemed significant in the current context with regard to combating forest fires.

**Keywords:** Forest fires, fire workers, fire lookout tower.

Geliş Tarihi: 29.05.2024, Düzeltme Tarihi: 03.07.2024, Kabul Tarihi: 01.08.2024

Adres <sup>1</sup>: Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 35515 Zeytinlanı-Urla, İzmir.

Adres <sup>2</sup>: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Ormancılık Ekonomisi Anabilim Dalı, İstanbul.

Adres <sup>3</sup>: Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Ordu.

\*Bu çalışma Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir.

## 1. Giriş

Orman yangınları, doğa ve insan yaşamını derinden etkileyen, genellikle büyük çaplı ve yıkıcı sonuçlar doğuran doğal afetler arasında yer almaktadır. Orman yangınları, sadece ormanları ve bitki örtüsünü değil, aynı zamanda canlı ve cansız varlıkları da ciddi şekilde tehdit ederek ekolojik dengesizliklere yol açmaktadır. Ayrıca, bu yangınlar, kırsal kesimde yaşayan halkın geçim kaynaklarını olumsuz yönde etkilemekte ve yaşamlarını sürdürürebilmek için gerekli olan orman kaynaklarına erişimi kısıtlamaktadır (Joshi ve ark., 2024). Orman yangınları ile mücadele edilmesi, ormansızlaşmanın azaltılması, biyolojik çeşitliliğin, özgün doğal yaşam alanlarının ve kaynakların korunması açısından zorunludur (Zhang ve ark., 2024). Bununla birlikte, ekosistemlerin şekillenmesinde etken faktörlerden birisi olan orman yangınları, doğal ekosistemlerin ayrılmaz bir parçası olarak görülmektedir (Yılmaz ve ark., 2012; Şahan ve ark., 2021).

Dünyanın birçok yerinde, nüfusun kırsal alanlardan kentsel alanlara taşınmasıyla değişen demografik özellikler, daha fazla tarımsal ve ormanlık alanın bakımsız kalması ve bakımının yapılmaması nedeniyle arazi kullanımı ve arazi yönetimindeki değişiklikler orman yangınlarının oluşumunu ve şiddetini etkilemektedir (Beighley ve Hyde, 2018; Fernandez-Anez ve ark., 2021). Akdeniz Havzası, kurak ve ılıman bölgeler arasındaki geçişin doğası gereği iklim değişikliğine karşı özellikle hassastır. Akdeniz tipi iklime sahip alanlar, kuru ve ılıman iklim, yanıcı bitki örtüsü ve artan insan faaliyetlerinin birleşimi nedeniyle yangına son derece eğilimlidir (Dimitrakopoulos ve ark., 2011; Peñuelas ve ark., 2021; Jones ve ark., 2022). İklim değişikliğinin orman yangınları için daha sık ideal sıcaklık koşulları yaratması nedeniyle, Akdeniz ülkelerinde görülen orman yangınları giderek etkisini artırmaktadır (Rocha, 2021). İklim değişikliğinin önümüzdeki yıllarda orman yangınlarının sıklığını ve etkisini artıracığı öngörülmektedir (Fernandez-Anez ve ark., 2021). Son yirmi yılda, Portekiz (2003, 2005, 2013, 2016, 2017, 2018), İspanya (2006, 2009, 2012), İtalya (2007, 2021) ve Yunanistan (2007, 2018, 2021) gibi yangına yatkın birçok Akdeniz ülkesi, geleneksel orman yangını yönetimi uygulamalarını zorlayan aşırı orman yangını olaylarını deneyimlemiştir (Leone ve ark., 2023).

Büyük bir bölümü Akdeniz iklim kuşağının etkisi altında bulunan Türkiye, orman yangınlarından oldukça fazla etkilenen ülkeler arasındadır. Yaklaşık 23 milyon hektar ormanlık alan bulunan Türkiye’de, ormanların önemli bir kısmı yangına hassas bölgelerde yer almakta ve toplam ormanlık alanın %60’ını birinci ve ikinci derece yangına hassas alanlar oluşturmaktadır (OGM, 2022a). Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgesindeki sahil

şeridindeki ormanlar, orman yangınlarının en çok görüldüğü alanlardır. Türkiye’de orman yangınlarıyla ilgili kayıtlar 1937 yılından günümüze kadar gelmektedir. 1937-2022 yılları arasında 119.894 orman yangınında, 1.864.275 hektar orman alanı yangın geçirmiştir. 1968-2021 yılları arasında 135 kişi orman yangınlarında hayatını kaybetmiştir (OGM, 2022a). Orman yangınları açısından 2021 yılı Türkiye’de çok sayıda ve etkili orman yangınının yaşandığı bir yıl olarak kayıtlara geçmiştir (Atmış ve ark., 2023a). Bu yangınlar, binlerce hektarlık orman alanını yok ederken, özellikle Muğla ve Antalya Orman Bölge Müdürlüklerinde, yerleşim yerlerine ve altyapıya da zarar vermiştir (Şafak ve ark., 2023).

Orman yangınlarıyla mücadelede etkili olmak, yangını en kısa sürede görmek, haber almak ve en erken müdahale ile mümkündür. Orman yangınları yayılmadan önce henüz başlangıç aşamasında yapılacak müdahale için çeşitli tesis ve yapılar kullanılmaktadır. Bu amaçla inşa edilen yaygın tesislerden biri, yangın gözetleme kuleleridir (Kudu ve Buğday, 2019; Başlı ve Güngöroğlu, 2023). Yangın gözetleme kuleleri, orman yangınlarının tespiti, ekiplere bildirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması açısından büyük önem taşımaktadır (Gülci ve ark., 2016). Orman yangınları ile başarılı bir şekilde mücadele için ilk müdahale süresinin kısalığı, kara ve hava araçlarının koordinasyonu, yangın amiri ve ekibin yöreyi tanınması, su kaynaklarının bilinmesi, hava araçları kapsamında kullanılan uçak ve helikopterlerin etkili olabileceği alanlara sevk edilmesi, yangın işçilerinin niteliği, ekip içi iletişimin sağlıklı olması, yangınların erken haber alınması ve iletilmesi gibi konular üzerinde durulan diğer başlıklardır (Avcı ve Korkmaz, 2021). Orman yangınlarıyla mücadelede çalışmalarının önemli araçlarından biri de yangın emniyet yol ve şeritlerinin tesisi, bakımı ve buralardaki yanıcı malzemelerin uzaklaştırılmasıdır (Bilgili ve ark., 2010; Avcı ve Korkmaz, 2021; TOD, 2022; Kavgacı ve ark., 2023).

Orman yangınlarıyla mücadele, yangın çıkma riskinin düşürülmesi, yangının söndürülmesi ve yangınla oluşan zararın en aza indirilmesinden oluşmaktadır (Güney ve ark., 2016). Bu bağlamda orman yangınlarıyla mücadelenin başarısı, orman yangın işçilerinin nitelikleriyle doğrudan ilişkilidir. Orman yangın organizasyonunda toplam 12.548 yangın işçisi çalışmaktadır. Bu işçilerin 1.155’i gözetleme, 1.083’ü haberleşme ve 10.350’si müdahale çalışmalarında görevlidir (OGM, 2023). Ancak, birçok çalışmada orman yangınları konusunda uzmanlaşmış ve deneyimli yangın işçisi sayısının yetersiz olduğu vurgulanmaktadır (Avcı ve Korkmaz, 2021; Atmış ve ark., 2022; TOD, 2022). Nitekim, yangın müdahale araçlarındaki personel yetersizliği, müdahale ekiplerine hizmet alımıyla personel istihdamı, yer ekiplerinin nitelik ve nicelik açısından yetersizliği, orman idaresine ait arazözlerdeki personel sayısının yetersizliği, yangın işçilerinin sayısal açıdan yetersizliği,

işçilerin uygun olmayan beslenme ve dinlenme şartlarında uzun süreler boyunca yangınlarda çalıştırılmaları eleştirilen konulardır (Atmış ve ark., 2022; TOD, 2022).

Orman yangınlarının güncel sorunlarına ilişkin olarak orman yangınları ile mücadelenin teknolojik cihazlarla takip edilmesi önerilmektedir (Avcı ve Korkmaz, 2021). Riskli bölgelerde insansız hava araçlarıyla yaz aylarında düzenli hava kontrollerinin gerçekleştirilmesi beklenmektedir (TOD, 2022). Turizm ve rekreasyonel etkinliklere (piknik) olan talep artışının ve bu kapsamda ormanlık alanlarda yakılan kontrolsüz ateşlerin yangınların artışına neden olması (Avcı ve Korkmaz, 2021) teknolojik donanımların kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Son yıllarda, şiddeti ve etkileri nedeniyle orman yangınları, özellikle iklim değişikliği ve kuraklık ile yönetim ve organizasyon eksikliği gibi faktörlerin de etkisiyle, akademi, sivil toplum ve medya vb. kesimler tarafından sürekli gündemde tutulmaktadır. Genel olarak, iklim etkenleri, yangınların klimatolojisi ve sıcak hava dalgalarının etkisi, yangın büyüme modelleri, yanan alanların büyüklüğü, orman yangınlarının çıkış nedenleri ve bunu etkileyen ormancılık politikaları, ekip ve ekipmanların yeterli olup olmadığı, gözetleme kuleleri, hava araçlarının gerekliliği ve etkinliği, yangın işçilerinin nicelik ve nitelik (eğitim, iş sağlığı ve güvenliği vb.) açısından durumu, iletişim, yönetim ve eşgüdüm sorunları, kurumların görev ve sorumluluklarına ilişkin sorunlar, yangınların insanların yaşam alanları ve kültürel mirasa verdiği zararlar orman yangınlarıyla mücadelede gündemde olan konular arasındadır (OGM, 2019; OGM, 2021a; OGM, 2021b; TÜBA, 2021; OGM, 2022b; TOD, 2021; TOD, 2022; TOD, 2023). Ayrıca, 2021 yılında yaşanan orman yangınları, orman yangınları ile mücadelede ve orman yangınlarının söndürülmesinde gönüllülerin ve toplumun etkin katılımı konusunu daha da öne çıkarmıştır (Atmış ve ark., 2022; Atmış ve ark., 2023b; Kavgacı ve ark., 2023; Kete, 2023).

Orman yangınlarıyla ilgili birçok toplantı, çalıştay ve bilimsel yayınlara rağmen orman yangın işçilerinin çalışma koşulları, 2021 yılında yaşanan nitelikte orman yangınlarıyla nasıl başa çıktıkları, sorunlarının neler olduğu bilinmemekte ve tartışılmamaktadır. Ayrıca, işçilerin yangınla müdahale sırasında yaşadıkları sorunları nasıl yorumladıkları ve algılarının neler olduğunu araştıran bilimsel çalışmalar bulunmamaktadır. Orman yangınlarıyla mücadelede etkili olmak için mücadelede görev alan personelin yaşanan sorunlara ilişkin görüş ve düşüncelerinin alınması yangınla mücadele kapasitesinin geliştirilmesi açısından önemli görülmektedir. Beighley ve Hyde (2018) herhangi bir yangınla mücadele sisteminin omurgasının uçaklar veya araçlar değil, yangın müdahale işçileri olduğunu belirtmektedir.

Yangınla mücadelede görev alan teknik personelden orman mühendislerinin görüşlerini yansıtan çalışmalar kısıtlı sayıdadır (Yılmaz ve ark., 2012; Avcı ve Korkmaz, 2021). Orman yangın işçileri ile ilgili çalışmaların ise; işçilerinin iş kıyafetlerinden memnuniyet durumları (Okan ve Acar, 2017), hizmet içi eğitimlere yönelik algıları (Şafak ve ark., 2023), iş sağlığı ve güvenliği konusundaki düşünceleri (Akay ve Yenilmez., 2007; Gümüş ve Türk, 2011; Şafak ve ark., 2024), iş tatminini etkileyen faktörler (Eker ve Abdurrahmanoğlu, 2022), işçilerde görülen rahatsızlıklar ve sağlık sorunları (Gülci ve ark., 2016, Bacı ve Çalışkan, 2022) üzerine odaklandığı anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada, orman yangın müdahale işçilerinin yangın sırasında karşılaştıkları sorunlara ilişkin görüşleri ele alınmıştır. Çalışmada, orman yangın müdahale işçilerinin; a) orman yangınlarının tespiti ve söndürülmesine yönelik görüşlerini belirlemek, b) personel ve ekiplerin yeterlilik durumuna yönelik görüşlerini saptamak, c) orman yangınlarıyla mücadelede karşılaşılan sorunlara yönelik görüşlerini almak ve d) çalışma yaşına ilişkin düşüncelerini öğrenmek amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışmanın materyali, Türkiye’de orman yangınlarıyla mücadele faaliyetlerinde işçi olarak çalışan personel ile 2022 yılında yapılan ankete dayanmaktadır. Anket formu 8 soru ve 33 maddeden oluşmaktadır. Bu maddeler, literatür taraması, deneyimli orman mühendisleri ve yangın işçileri ile gerçekleştirilen odak grup toplantıları ve bireysel görüşmeler ile belirlenmiştir. Anket çalışması için örnek büyüklüğünün belirlenmesinde ana kütle büyüklüğü bilinen olasılığa bağlı örnek büyüklüğü belirleme formülü kullanılmıştır (Daşdemir, 2019).

$$n \geq \frac{N \cdot p \cdot q \cdot Z^2}{[N \cdot d^2 + p \cdot q \cdot Z^2]}$$

Formülde n, örnek büyüklüğünü; N, ana kütle büyüklüğünü (9.296 orman yangını müdahale işçisi (OGM, 2022c)); p, ölçülmek istenen özelliğin ana kütle içerisinde bulunma olasılığını (p=0,5); q, ölçülmek istenen özelliğin ana kütle içerisinde bulunmama olasılığını (q=0,5); Z, güven katsayısını (%95 güven düzeyi için Z=1,96); d, kabul edilen örnekleme hatasını (0,05) ifade etmektedir. Buna göre, örnek hacmi en az 369 kişi olarak hesaplanmıştır.



Anket uygulanması, 21 orman bölge müdürlüğü ile 72 orman işletme müdürlüğünde, beş yangın hassasiyet bölgesi (YHB) dikkate alınarak yürütülmüştür. Buna göre, birinci YHB’nde 332, ikinci YHB’nde 121, üçüncü YHB’nde 91, dördüncü YHB’nde 79 ve beşinci YHB’nde 28 olmak üzere toplam 651 orman yangını müdahale işçisi ile anket yapılmıştır. Çalışma kapsamında uygulanan anket posta yoluyla gönderilmiş ve işçilerin anketi doldurmasını kolaylaştırmak için ankete bir yönerge eklenmiştir. Orman yangını müdahale işçileri, sorulan sorulara dokuz noktalı cevaplama ölçeği doğrultusunda yanıt vermiştir. Bu ölçekte 1, tamamen önemsiz/hiç katılmıyorum; 3, çok az önemli/katılıyorum; 5, orta düzeyde önemli/katılıyorum; 7, çok önemli/katılıyorum; 9, tamamen önemli/katılıyorum anlamına gelmektedir. 2-4-6-8 ise bir önceki ile bir sonraki ifadelerin orta değerleridir.

## 2.2. Yöntem

Verilerin dağılım biçimi Kolmogorov-Smirnov testi ile yapılmış olup veriler ( $p < 0.05$ ) normal dağılım göstermemektedir. Veriler normal dağılım göstermediği için yangın hassasiyet bölgeleri arasında sorulara verilen yanıtlar açısından istatistikî farklılık Kruskal-Wallis H testi ile incelenmiştir. Farklılığın bulunması durumunda, hangi yangın hassasiyet bölgeleri arasında farklılığın bulunduğu Mann-Whitney U testi ile incelenmiştir.

Orman yangın işçilerinin orman yangınlarıyla mücadele kapsamındaki sorulara verdiği puanlar açısından güvenilirlik, İç Tutarlılık Katsayısı (Cronbach, 1984) dikkate alınarak test edilmiştir. Buna göre iç tutarlılık katsayısı, orman yangınlarının tespiti ve söndürülmesi başlığına yönelik 11 soruda 0,870, personel ve ekiplerin yeterlilik durumu başlığına yönelik 7 soruda 0,905 ve orman yangınlarıyla mücadelede sorunlar başlığına yönelik sorularda ise 0,913 bulunmuş olup sonuçlar istatistikî olarak güvenilirdir. Aynı kapsamda herhangi bir madde silindiğinde, sonuç etkilenmediğinden madde/soru çıkarımı yapılmamıştır.

## 3. Bulgular

### 3.1. Orman Yangını Müdahale İşçilerinin Demografik Özellikleri

Orman yangın müdahale işçilerinin yaş dağılımı Çizelge 1’de sunulmuştur. Buna göre; işçilerin ortalama yaşı 34,1’dir. En yaşlı işçi 72 yaşında olup 33 yıllık iş deneyimine sahiptir. En genç işçi ise 18 yaşındadır. Ortalama yaş bakımından birinci YHB 35,8 yıl ile en yüksek ortalama yaşı temsil etmektedir. Ortalama yaş açısından en genç işçiler dördüncü YHB’nde çalışmaktadır.

**Çizelge 1.** Orman yangın müdahale işçilerinin yaş dağılımı (N: Frekans, %: Yüzde).

Yaş Dağılımı	1YHB		2YHB		3YHB		4YHB		5YHB		Genel	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
$x < 25$	91	27,4	35	28,9	28	30,8	25	31,6	11	39,3	190	29,2
25-34	64	19,3	36	29,8	21	23,1	28	35,5	7	25,0	156	24,0
35-44	86	25,9	31	25,6	34	37,3	15	19,0	1	3,6	167	25,6
45-54	72	21,7	13	10,7	7	7,7	9	11,4	8	28,5	109	16,7
$54 < x$	19	5,7	6	5,0	1	1,1	2	2,5	1	3,6	29	4,5
Ortalama Yaş	35,8		32,9		32,8		30,8		33,1		34,1	
En küçük	18		18		19		19		20		18	
En Büyük	63		59		72		55		56		72	

Çalışmaya katılan orman yangın müdahale işçilerinin %19,7'si ilkökul, %14,9'u ortaokul, %53,6'sı lise, %10'u ön lisans ve %1,8'i ise lisans mezunudur (Çizelge 2). İlkokul ve ortaokul mezunu olanların oranı (%46,1) birinci YHB'de diğer bölgelere göre daha fazladır.

**Çizelge 2.** Orman yangın işçilerinin öğrenim durumu.

	1YHB		2YHB		3YHB		4YHB		5YHB		Genel	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
İlkokul	96	28,9	19	15,7	7	7,7	2	2,5	4	14,3	128	19,7
Ortaokul	57	17,2	15	12,4	13	14,3	9	11,4	3	10,7	97	14,9
Lise	147	44,3	75	62,0	56	61,5	55	69,6	16	57,1	349	53,6
Ön Lisans	24	7,2	11	9,1	14	15,4	12	15,2	4	14,3	65	10,0
Lisans	8	2,4	1	0,8	1	1,1	1	1,3	1	3,6	12	1,8

Çalışmaya katılan orman yangın müdahale işçilerinin medeni durumu Çizelge 3'te gösterilmiştir. Buna göre; işçilerin %55'i evli, %45'i ise bekârdır.

**Çizelge 3.** Orman yangın müdahale işçilerinin medeni durumu.

Medeni Durum	1YHB		2YHB		3YHB		4YHB		5YHB		Genel	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Evli	195	58,7	67	55,4	47	51,7	37	46,8	12	42,9	358	55,0
Bekar	137	41,3	54	44,6	44	48,3	42	53,2	16	57,1	293	45,0

Orman yangın müdahale işçilerinin görev süresi ortalama 8,8 yıldır. İşçilerin %47'sinin görev süresi 1-3 yıl arasındadır. En fazla görev yapan orman yangın işçisinin 36 yıllık deneyimi bulunmaktadır (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Orman yangın müdahale işçilerinin görev süresi.

Görev Süresi (Yıl)	1YHB		2YHB		3YHB		4YHB		5YHB		Genel	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1-3	146	44,0	58	47,9	44	48,3	43	54,4	15	53,6	306	47,0
4-6	2	0,6	3	2,5	1	1,1	1	1,3	0	0,0	7	1,1
7-9	20	6,0	15	12,4	9	9,9	6	7,6	3	10,7	53	8,1
10-14	65	19,6	26	21,5	31	34,1	25	31,6	6	21,5	153	23,5
15-19	37	11,1	11	9,1	4	4,4	1	1,3	0	0,0	53	8,1
20-29	19	5,7	7	5,8	1	1,1	2	2,5	2	7,1	31	4,8
x>29	43	13,0	1	0,8	1	1,1	1	1,3	2	7,1	48	7,4
Ortalama	10,9		7,2		6,6		5,9		7,8		8,8	
<b>En Fazla</b>	<b>36</b>		<b>36</b>		<b>33</b>		<b>30</b>		<b>34</b>		<b>36</b>	

### 3.2. Orman Yangını Müdahale İşçilerinin Orman Yangınlarının Tespiti ve Söndürülmesine Yönelik Görüşleri

Orman yangını müdahale işçilerinin yangınların tespit edilmesi ve söndürülmesi konularında verdikleri yanıtlar Çizelge 5'te gösterilmiştir. Genel olarak verilen yanıtlar incelendiğinde, işçilerin T6 (Yangında ulaşılamayan noktalara helikopterle yangın işçisi nakletmek etkin olur) dışındaki konulara çok önemli düzeyde katıldıkları anlaşılmaktadır. Birinci ve dördüncü YHB'de görev alan işçilerin sorulan 11 maddenin tamamına çok önemli düzeyde katıldıkları görülmektedir.

İkinci YHB'nde görev yapan işçiler, T2 (Orman yangınlarının söndürülmesinde gönüllülerin katılımını destekliyorum), T6 (Yangında ulaşılamayan noktalara helikopterle yangın işçisi nakletmek etkin olur), T7 (Arıcıların orman yangınları ile mücadelede kullanılabilecek basit el aletleri ve sırt pompası ile donatılması ve yangın konusunda eğitilmesi etkili olur) ve T8 (Orman köylerine verilen su tankerleri orman yangınlarıyla mücadelede etkin olarak kullanılmaktadır) konularına orta düzeyde, diğer konulara ise çok önemli düzeyde katılmaktadırlar.

Üçüncü YHB'de çalışan işçiler, T6 (Yangında ulaşılamayan noktalara helikopterle yangın işçisi nakletmek etkin olur) ve T8 (Orman köylerine verilen su tankerleri orman yangınlarıyla mücadelede etkin olarak kullanılmaktadır) konularına orta düzeyde, diğer konulara ise çok önemli düzeyde katılmaktadırlar. Beşinci YHB'de görev yapan işçiler, T6 (Yangında ulaşılamayan noktalara helikopterle yangın işçisi nakletmek etkin olur) ve T7 (Arıcıların orman yangınları ile mücadelede kullanılabilecek basit el aletleri ve sırt pompası ile donatılması ve yangın konusunda eğitilmesi etkili olur) konularına orta düzeyde, diğer konulara ise çok önemli düzeyde katılmaktadırlar.

### Çizelge 5. Orman yangınlarının tespiti ve söndürülmesi.

Kod	Konular	1YHB	2YHB	3YHB	4YHB	5YHB	Genel
T1	Orman yangınları ile mücadele, vardiya sistemi ile çalışmaya uygundur.	7,28	7,41	7,10	7,97	7,79	7,39
T2	Orman yangınlarının söndürülmesinde gönüllülerin katılımını destekliyorum.	7,58	6,69	7,59	8,10	8,32	7,51
T3	Gözetleme kulelerinin yangının başlangıcında/tespit edilmesinde önemli görevi vardır.	8,19	7,62	7,79	8,42	8,14	8,05
T4	Gözetleme kulelerinin yangın devam ederken koordinasyon açısından önemli görevi vardır.	8,27	7,36	7,87	8,52	8,04	8,06
T5	Belli aralıklarla konuşlandırılmış tek kişilik motorize ekiplerin şeffik sınırında devamlı olarak devriye atması yangınların büyümeden söndürülmesinde etkili olur.	7,82	7,40	8,04	8,35	8,04	7,85
T6	Yangında ulaşılamayan noktalara helikopterle yangın işçisi nakletmek etkin olur.	7,13	6,19	6,48	7,56	6,96	6,91
T7	Arıcıların orman yangınları ile mücadelede kullanılabilecek basit el aletleri ve sırt pompası ile donatılması ve yangın konusunda eğitilmesi etkili olur.	7,51	6,55	7,36	7,73	6,86	7,31
T8	Orman köylerine verilen su tankerleri orman yangınlarıyla mücadelede etkin olarak kullanılmaktadır.	7,31	6,76	6,92	8,16	7,11	7,25
T9	Kameralı ve uzaktan izleme çalışmaları yangın tespitinde önemlidir.	7,98	7,84	8,08	8,47	8,11	8,04
T10	Halkın ormana giriş-çıkışı ve mesire yerlerinin kontrol altına alınması faaliyetleri yangınla mücadele çalışmaları açısından önemlidir.	8,34	8,26	8,16	8,54	7,82	8,30
T11	Yangın riski yüksek alanlarda, ilave gözetleme ve devriye faaliyeti yapılmalıdır.	8,32	7,85	8,32	8,58	8,36	8,27

YHB’nde bulunan orman yangını müdahale işçilerinin orman yangınlarının tespiti ve söndürülmesi yönelik görüşleri arasında fark olup olmadığı Kruskal Wallis H Testi ile incelenmiştir (Çizelge 6). Kruskal Wallis H Testi sonuçlarına göre T3 (Gözetleme kulelerinin yangının başlangıcında/tespit edilmesinde önemli görevi vardır), T9 (Kameralı ve uzaktan izleme çalışmaları yangın tespitinde önemlidir), T10 (Halkın ormana giriş-çıkışı ve mesire yerlerinin kontrol altına alınması faaliyetleri yangınla mücadele çalışmaları açısından önemlidir) ve T11 (Yangın riski yüksek alanlarda, ilave gözetleme ve devriye faaliyeti yapılmalıdır) konuların açısından istatistiki anlamda YHB arasında farklılık bulunmamaktadır. Ancak diğer konularda Kruskal Wallis H Testi sonuçlarına göre YHB arasında farklılık bulunmaktadır. Mann Whitney U Testine göre:

T1 (Orman yangınları ile mücadele, vardiya sistemi ile çalışmaya uygundur) konusuna verilen yanıtlar açısından üçüncü YHB, birinci, ikinci ve dördüncü YHB’den ayrılmaktadır.

T2 (Orman yangınlarının söndürülmesinde gönüllülerin katılımını destekliyorum) konusuna verilen yanıtlar açısından beşinci YHB, birinci, ikinci ve üçüncü YHB'den, dördüncü YHB, birinci, ikinci ve üçüncü YHB'den ve birinci YHB, ikinci YHB'den farklılaşmaktadır.

T4 (Gözetleme kulelerinin yangın devam ederken koordinasyon açısından önemli görevi vardır) konusuna verilen yanıtlar açısından dördüncü YHB, ikinci ve üçüncü YHB'den ve birinci YHB, ikinci YHB'den farklılaşmaktadır.

T5 (Belli aralıklarla konuşlandırılmış tek kişilik motorize ekiplerin şeflik sınırında devamlı olarak devriye atması yangınların büyümeden söndürülmesinde etkili olur) konusuna verilen yanıtlar açısından dördüncü YHB, birinci ve ikinci YHB'den farklılaşmaktadır.

T6 (Yangında ulaşılabilen noktalara helikopterle yangın işçisi nakletmek etkin olur) konusuna verilen yanıtlar açısından dördüncü YHB, birinci, ikinci ve üçüncü YHB'den farklılaşmaktadır.

T7 (Arıcıların orman yangınları ile mücadelede kullanılabilecek basit el aletleri ve sırt pompası ile donatılması ve yangın konusunda eğitilmesi etkili olur) konusuna verilen yanıtlar açısından ikinci YHB, birinci ve dördüncü YHB'den farklılaşmaktadır.

T8 (Orman köylerine verilen su tankerleri orman yangınlarıyla mücadelede etkin olarak kullanılmaktadır) konusuna verilen yanıtlar açısından dördüncü YHB, birinci, ikinci ve üçüncü YHB'den farklılaşmaktadır.

### Çizelge 6. Orman yangınlarının tespiti ve söndürülmesine yönelik farklılık testi sonuçları.

Soru Kodu	Kruskal Wallis H Testi (p)	Yangın Hassasiyet Bölgesi bazında Mann Whitney U Testi Sonuçları (p)									
		1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5
T1	0,022*	0,368	0,032*	0,107	0,441	0,011*	0,484	0,798	0,002*	0,058	0,795
T2	0,003*	0,031*	0,652	0,043*	0,032*	0,193	0,002*	0,006*	0,036*	0,021*	0,361
T3	0,153										
T4	0,011*	0,011*	0,145	0,152	0,364	0,426	0,003*	0,079	0,025*	0,151	0,955
T5	0,027*	0,853	0,151	0,004*	0,179	0,197	0,013*	0,213	0,192	0,641	0,683
T6	0,024*	0,138	0,104	0,023*	0,718	0,894	0,006*	0,342	0,005*	0,312	0,365
T7	0,005*	0,001*	0,383	0,385	0,321	0,050	0,002*	0,483	0,170	0,586	0,179
T8	0,001*	0,156	0,159	0,001*	0,728	0,938	0,000*	0,392	0,000*	0,310	0,106
T9	0,057										
T10	0,315										
T11	0,070										

\*Kruskal-Wallis H. testinde  $p < 0,05$  ise gruplar arasında fark vardır. Mann Whitney U Testinde  $p < 0,05$  ise iki grup arasında fark vardır.

### 3.3. Orman Yangını Müdahale İşçilerinin Orman Yangınlarının Tespiti ve Söndürülmesine Yönelik Görüşleri

Orman yangını müdahale işçilerinin personel ve ekiplerin yeterlilik durumuna ilişkin verdikleri yanıtlar Çizelge 7’de gösterilmiştir. Genel olarak verilen yanıtlar incelendiğinde işçiler P4 (Orman muhafaza memuru sayısı yeterlidir) konusuna çok önemli düzeyde, diğer altı konuya ise orta düzeyde katılmışlardır. Birinci ve Üçüncü YHB’nde görev yapan işçiler personel ve ekiplerin yeterlilik durumu kapsamındaki yedi konuya orta düzeyde katılmaktadırlar. İkinci YHB’nde işçilerin P4 (Orman muhafaza memuru sayısı yeterlidir) konusuna çok önemli düzeyde, diğer altı konuya ise orta düzeyde katıldıkları anlaşılmıştır. Dördüncü YHB’nde işçiler, P1 (Arazöz ekiplerindeki personel sayısı yeterlidir), P4 (Orman muhafaza memuru sayısı yeterlidir), P5 (Yer ekibi sayısı yeterlidir) ve P6 (Yangın müdahale ekiplerinin sayısı yeterlidir) konularına çok önemli düzeyde, diğer üç konuya ise orta düzeyde katılmaktadırlar. Beşinci YHB’nde işçiler P2 (Su ikmal aracındaki personel sayısı yeterlidir), P3 (Gözetleme kulelerindeki personel sayısı yeterlidir) ve P7 (Gözetleme kulesi sayısı yeterlidir) konularına orta düzeyin altında, diğer konulara ise orta düzeyde katılmaktadırlar.

#### Çizelge 7. Personel ve ekiplerin yeterlilik durumu.

Kod	Konular	1YHB	2YHB	3YHB	4YHB	5YHB	Genel
P1	Arazöz ekiplerindeki personel sayısı	5,22	5,74	6,76	7,65	5,07	5,82
P2	Su ikmal aracındaki personel sayısı	5,73	5,02	6,08	6,06	4,21	5,62
P3	Gözetleme kulelerindeki personel sayısı	6,37	5,83	5,76	6,38	4,79	6,12
P4	Orman muhafaza memuru sayısı yeterlidir.	6,94	7,14	6,98	7,89	6,93	7,10
P5	Yer ekibi sayısı yeterlidir.	5,90	6,04	5,76	7,22	5,11	6,03
P6	Yangın müdahale ekiplerinin sayısı	5,48	5,92	6,41	7,43	5,82	5,94
P7	Gözetleme kulesi sayısı yeterlidir.	6,51	5,94	5,69	6,37	4,29	6,18

YHB’nde bulunan orman yangını müdahale işçilerinin personel ve ekiplerin yeterlilik durumuna yönelik görüşleri arasında fark olup olmadığı Kruskal Wallis H Testi ile incelenmiştir (Çizelge 8). Kruskal Wallis H Testi sonuçlarına göre personel ve ekiplerin yeterlilik durumuna yönelik görüşler bakımından YHB arasında farklılık bulunmaktadır. Mann Whitney U Testine göre:

P1 (Arazöz ekiplerindeki personel sayısı yeterlidir) konusuna verilen yanıtlar açısından üçüncü ve dördüncü YHB, birinci, ikinci ve beşinci YHB’den farklılaşmaktadır. P2 (Su ikmal aracındaki personel sayısı yeterlidir) konusuna verilen yanıtlar açısından ikinci ve beşinci YHB, birinci, üçüncü ve dördüncü YHB’den farklılaşmaktadır. P3 (Gözetleme kulelerindeki personel sayısı yeterlidir) konusuna verilen yanıtlar açısından beşinci YHB,

birinci ve dördüncü YHB'den farklılaşmaktadır. P4 (Orman muhafaza memuru sayısı yeterlidir) konusuna verilen yanıtlar açısından dördüncü YHB, birinci ve üçüncü YHB'den farklılaşmaktadır. P5 (Yer ekibi sayısı yeterlidir) konusuna verilen yanıtlar açısından dördüncü YHB, birinci, ikinci, üçüncü ve beşinci YHB'den farklılaşmaktadır. P6 (Yangın müdahale ekiplerinin sayısı yeterlidir) konusuna verilen yanıtlar açısından dördüncü YHB, birinci, ikinci, üçüncü ve beşinci YHB'den, birinci YHB, üçüncü YHB'den farklılaşmaktadır. P7 (Gözetleme kulesi sayısı yeterlidir) konusuna verilen yanıtlar açısından beşinci YHB, birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü YHB'den, üçüncü YHB ise birinci ve dördüncü YHB'den farklılaşmaktadır.

### Çizelge 8. Personel ve ekiplerin yeterlilik durumuna yönelik farklılık testi sonuçları.

Soru Kodu	Kruskal Wallis H Testi (p)	Yangın Hassasiyet Bölgesi bazında Mann Whitney U Testi Sonuçları (p)									
		1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5
P1	0,000*	0,115	0,000*	0,000*	0,823	0,005*	0,000*	0,379	0,060	0,013*	0,000*
P2	0,004*	0,036*	0,231	0,125	0,014*	0,016*	0,013*	0,230	0,601	0,008*	0,014*
P3	0,045*	0,223	0,166	0,197	0,016*	0,909	0,092	0,121	0,110	0,148	0,020*
P4	0,029*	0,201	0,760	0,001*	0,900	0,443	0,073	0,682	0,015*	0,962	0,086
P5	0,000*	0,433	0,774	0,000*	0,170	0,470	0,002*	0,132	0,001*	0,298	0,001*
P6	0,000*	0,132	0,006*	0,000*	0,557	0,226	0,000*	0,869	0,004*	0,339	0,003*
P7	0,001*	0,214	0,017*	0,408	0,000*	0,392	0,119	0,013*	0,034*	0,035*	0,003*

\*Kruskal-Wallis H. testinde  $p < 0,05$  ise gruplar arasında fark vardır. Mann Whitney U Testinde  $p < 0,05$  ise iki grup arasında fark vardır.

### 3.4. Orman Yangını Müdahale İşçilerinin Orman Yangınlarıyla Mücadelede Karşılaşılan Sorunlara Yönelik Görüşleri

Orman yangını müdahale işçilerinin orman yangınlarıyla mücadelede karşılaşılan 15 soruna yönelik görüşler Çizelge 9'da sunulmuştur. Orman yangını müdahale işçilerinin verdikleri yanıtlar genel olarak incelendiğinde;

S2 (Orman yollarının miktar ve nitelik (bakım) açısından yetersiz olması yangına müdahale etmemizi zorlaştırıyor), S3 (Yangını emniyet yol ve şeritlerinin bakımının yeterince yapılmaması yangına müdahaleyi zorlaştırıyor) ve S13 (Çalışma saatlerinin uzun olması verimli çalışmamızı engelliyor) ifadelerine orta düzeyde katıldıkları anlaşılmaktadır. Orman yangını müdahale işçilerinin diğer 12 ifadeye (S1, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S14, S15) ise az düzeyde katıldıkları görülmektedir.

**Çizelge 9. Personel Orman yangınlarıyla mücadelede sorunlar.**

Kod	Konular	1YHB	2YHB	3YHB	4YHB	5YHB	Genel
S1	Orman yangını alanına ulaşmakta ve yön bulmakta zorluk yaşıyoruz.	4,84	4,21	4,44	3,72	3,86	4,49
S2	Orman yollarının miktar ve nitelik (bakım) açısından yetersiz olması yangına müdahale etmemizi zorlaştırıyor.	5,74	5,35	4,90	4,32	4,61	5,33
S3	Yangını emniyet yol ve şeritlerinin bakımının yeterince yapılmaması yangına müdahaleyi zorlaştırıyor.	5,95	5,32	5,18	4,34	5,75	5,52
S4	Teknik elemanlar, işçilerin ekip içindeki görev dağılımını yeterince yapamıyor.	4,55	4,64	4,18	3,52	3,18	4,33
S5	Talimatlar, arazinin topoğrafik yapısına uygun çalışılacak şekilde verilmiyor.	4,65	4,18	3,82	3,81	2,89	4,27
S6	Telsiz iletişimde teknik sorunlar yaşıyorum.	4,60	4,36	3,73	3,52	3,86	4,27
S7	Tim amiri ile telsizle ve/veya telefonla iletişim kurmakta zorlanıyorum.	4,11	3,75	3,34	2,96	3,29	3,76
S8	Kumanya ve yemek dağıtımında sorun yaşıyoruz.	4,57	4,26	4,41	3,90	3,36	4,36
S9	Tuvalet, duş ve temizlik konusunda sorun yaşıyoruz.	4,91	4,45	4,96	5,06	3,43	4,79
S10	Arazöz ve ekip şoförlerinin yeterli deneyimi bulunmadığı için yangın alanına emniyetli ulaşmada sorun yaşıyoruz.	3,53	2,82	3,54	3,04	2,21	3,28
S11	Arazöz ve ekip şoförlerinin yangın alanında araçların kaçış yollarını belirlemede ve buna göre konumlandırılmasında sorun yaşıyoruz.	3,63	2,76	3,37	2,94	2,04	3,28
S12	Yangın alanında kişisel koruyucu donanımları kullanmada ve muhafazada sorun yaşıyoruz.	3,70	3,26	3,13	2,89	3,00	3,41
S13	Çalışma saatlerinin uzun olması verimli çalışmamızı engelliyor (yorgunluk ve uykusuzluk).	6,84	6,38	5,77	4,44	6,75	6,31
S14	Vatandaşlar orman yangınlarına mücadele esnasında görevimizi yapmayı engelliyor.	4,73	4,61	4,13	3,84	3,21	4,45
S15	Orman yangınlarıyla mücadele esnasında kamuoyu baskısı nedeniyle stres yaşıyorum.	4,76	3,64	3,69	3,56	2,89	4,18

YHB'nde bulunan orman yangını müdahale işçilerinin orman yangınlarıyla mücadelede karşılaşılan sorunlara yönelik görüşleri arasında fark olup olmadığı Kruskal Wallis H Testi ile incelenmiştir (Çizelge 10). Kruskal Wallis H Testi sonuçlarına göre S8 (Kumanya ve yemek dağıtımında sorun yaşıyoruz), S9 (Tuvalet, duş ve temizlik konusunda sorun yaşıyoruz), S10 (Arazöz ve ekip şoförlerinin yeterli deneyimi bulunmadığı için yangın alanına emniyetli ulaşmada sorun yaşıyoruz) ve S12 (Yangın alanında kişisel koruyucu donanımları kullanmada ve muhafazada sorun yaşıyoruz) konuların açısından istatistiki anlamda YHB arasında farklılık bulunmamaktadır. Ancak diğer konularda Kruskal Wallis H Testi sonuçlarına göre YHB arasında farklılık bulunmaktadır. Mann Whitney U Testine göre:



S1 (Orman yangını alanına ulaşmakta ve yön bulmakta zorluk yaşıyoruz) konusuna verilen yanıtlar açısından birinci YHB, ikinci ve dördüncü YHB'den ayrılmaktadır.

S2 (Orman yollarının miktar ve nitelik (bakım) açısından yetersiz olması yangına müdahale etmemizi zorlaştırıyor) konusuna verilen yanıtlar açısından birinci YHB, üçüncü, dördüncü ve beşinci YHB'den ve ikinci YHB, dördüncü YHB'den ayrılmaktadır.

S3 (Yangını emniyet yol ve şeritlerinin bakımının yeterince yapılmaması yangına müdahaleyi zorlaştırıyor) konusuna verilen yanıtlar açısından dördüncü YHB, birinci, ikinci ve beşinci YHB'den ve birinci YHB, üçüncü YHB'den ayrılmaktadır.

S4 (Teknik elemanlar, işçilerin ekip içindeki görev dağılımını yeterince yapamıyor) konusuna verilen yanıtlar açısından birinci ve ikinci YHB, dördüncü ve beşinci YHB'den ayrılmaktadır.

S5 (Talimatlar, arazinin topoğrafik yapısına uygun çalışılacak şekilde verilmiyor) konusuna verilen yanıtlar açısından birinci YHB, üçüncü, dördüncü ve beşinci YHB'den ve ikinci YHB, beşinci YHB'den ayrılmaktadır.

S6 (Telsiz iletişimde teknik sorunlar yaşıyorum) konusuna verilen yanıtlar açısından dördüncü YHB, birinci ve ikinci YHB'den ve birinci YHB, üçüncü YHB'den ayrılmaktadır.

S7 (Tim amiri ile telsizle ve/veya telefonla iletişim kurmakta zorlanıyorum) konusuna verilen yanıtlar açısından dördüncü YHB, birinci ve ikinci YHB'den ve birinci YHB, üçüncü YHB'den ayrılmaktadır.

S11 (Arazöz ve ekip şoförlerinin yangın alanında araçların kaçış yollarını belirlemede ve buna göre konumlandırılmasında sorun yaşıyoruz) konusuna verilen yanıtlar açısından birinci YHB, ikinci, dördüncü ve beşinci YHB'den ayrılmaktadır.

S13 (Çalışma saatlerinin uzun olması verimli çalışmamızı engelliyor, (yorgunluk ve uykusuzluk) konusuna verilen yanıtlar açısından dördüncü YHB, birinci, ikinci, üçüncü ve beşinci YHB'den ve birinci YHB, üçüncü YHB'den ayrılmaktadır.

S14 (Vatandaşlar orman yangınlarına mücadele esnasında görevimizi yapmayı engelliyor) konusuna verilen yanıtlar açısından birinci ve ikinci YHB, dördüncü ve beşinci YHB'den ayrılmaktadır.

S15 (Orman yangınlarıyla mücadele esnasında kamuoyu baskısı nedeniyle stres yaşıyorum) konusuna verilen yanıtlar açısından birinci YHB, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci YHB'den ayrılmaktadır.

**Çizelge 10.** Orman yangınlarıyla mücadelede sorunlara yönelik farklılık testi sonuçları.

Soru Kodu	Kruskal Wallis H Testi (p)	Yangın Hassasiyet Bölgesi bazında Mann Whitney U Testi Sonuçları (p)									
		1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5
S1	0,006*	0,031	0,218	0,001	0,067	0,66	0,186	0,628	0,116	0,34	0,716
S2	0,001*	0,315	0,017	0,000	0,041	0,23	0,024	0,196	0,188	0,58	0,567
S3	0,000*	0,059	0,019	0,000	0,814	0,67	0,022	0,513	0,065	0,32	0,036
S4	0,008*	0,843	0,251	0,003	0,018	0,30	0,013	0,032	0,129	0,16	0,856
S5	0,001*	0,109	0,009	0,009	0,001	0,25	0,257	0,024	0,909	0,15	0,134
S6	0,003*	0,389	0,006	0,001	0,164	0,11	0,034	0,429	0,511	0,83	0,502
S7	0,003*	0,313	0,022	0,001	0,131	0,22	0,013	0,329	0,235	0,88	0,502
S8	0,092										
S9	0,092										
S10	0,099										
S11	0,007*	0,008	0,385	0,022	0,011	0,21	0,759	0,329	0,216	0,06	0,481
S12	0,064										
S13	0,000*	0,240	0,001	0,000	0,872	0,06	0,000	0,540	0,011	0,08	0,002
S14	0,006*	0,673	0,071	0,007	0,007	0,24	0,041	0,026	0,355	0,11	0,500
S15	0,000*	0,000	0,001	0,001	0,001	0,93	0,569	0,146	0,627	0,21	0,387

\*Kruskal-Wallis H. testinde  $p < 0,05$  ise gruplar arasında fark vardır. Mann Whitney U Testinde  $p < 0,05$  ise iki grup arasında fark vardır.

### 3.5. Orman Yangını Müdahale İşçilerinin Çalışma Yaşına Yönelik Görüşleri

Çalışmaya katılan orman yangını işçileri “Yangın işçiliği en fazla kaç yaşına kadar yapılabilir” sorusuna verdikleri yanıtlara bakıldığında ortalama yaş 49,6 yıl olarak bulunmuştur (Çizelge 11).

**Çizelge 11.** Orman yangını müdahale işçiliğinde en fazla çalışılabilecek yaş.

	1YHB	2YHB	3YHB	4YHB	5YHB	Genel
Yaş Ortalaması	50,3	50,0	48,1	47,9	49,3	49,6
En az	30	40	30	40	40	30
En Fazla	65	65	70	60	60	70

Orman yangını müdahale işçilerinin orman yangınlarıyla mücadelede en fazla çalışılabilecek yaşa yönelik görüşleri arasında YHB’ler arasında Kruskal Wallis H Testi sonuçlarına göre farklılık bulunmaktadır (Çizelge 12). Mann Whitney U Testine göre, birinci ve ikinci YHB ile üçüncü ve dördüncü YHB’ler arasında farklılık bulunmaktadır.

**Çizelge 12.** Orman yangını müdahale işçiliğinde en fazla çalışılabilecek yaş.

Çalışma Yaşı	Kruskal Wallis H Testi (p)	Yangın Hassasiyet Bölgesi bazında Mann Whitney U Testi Sonuçları (p)									
		1-2	1-3	1-4	1-5	2-3	2-4	2-5	3-4	3-5	4-5
	0,001*	0,554	0,001*	0,000*	0,544	0,019*	0,014*	0,741	0,985	0,234	0,184

#### 4. Tartışma

Bu çalışmada, orman yangın müdahale işçilerinin orman yangınlarının tespit edilmesi ve söndürülmesi, personel ve ekiplerin yeterlilik durumu ile orman yangınlarıyla mücadelede karşılaştıkları sorunların düzeyinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Orman yangınlarıyla mücadelede sürdürülebilirliği sağlamak için işçi yaş ortalamasının düşürülmesi önerilmektedir (TOD, 2022). Bu çalışmanın bulgularına göre; orman yangın müdahale işçilerinin yaşı, 18 ile 72 arasında değişmektedir. İşçilerin büyük çoğunluğu 45 yaşından küçük olup ortalama yaş 34,1'dir. Bu veri, daha önceki çalışmalarda (Kılıç, 2012; Bacı ve Çalışkan, 2022; Özden ve ark., 2012) 41-50 arasında olup mevcut durumda orman yangınlarıyla mücadelenin geçmişe göre daha genç işçiler ile yapıldığını göstermektedir. Ayrıca, orman yangını müdahale işçilerine göre orman yangınlarıyla mücadelede en fazla çalışılabilecek yaş aralığı YHB'ler arasında 48 ile 50 arasında değişmektedir. Orman yangını müdahale işçiliği, sağlıklı ve genç bir işgücünün gerekli olduğu, fiziksel olarak zorlu bir iş olarak görülmektedir. Genç orman yangın işçileri fiziksel olarak daha yetenekli olsa da aynı zamanda çok daha az deneyimlidirler. Dolayısıyla zorluk, yeni ve daha genç yangın işçisini işe alırken daha yaşlı, daha deneyimli işçilerin sistemde nasıl işlendirileceğidir (Beighley ve Hyde, 2018).

Orman yangın müdahale işçilerinin genel olarak %65,4'ü en az lise düzeyinde eğitim almıştır. Birinci YHB'de en az lise düzeyinde eğitim alanlar %53,9 iken bu seviye diğer YHB'lerde %72 ile %86 arasında değişmektedir. Bu sonuçlar, orman yangın işçilerinin genellikle ilkokul mezunu olduğunu gösteren önceki çalışmalardan farklılık göstermektedir (Kılıç, 2012; Bacı ve Çalışkan, 2022; Akay ve Yenilmez, 2007; Gümüş ve Türk, 2011; Gülci ve ark., 2016; Okan ve Acar, 2017). Bu durumun temel nedenlerinden biri Türkiye'de eğitim seviyesinin iyileşmesidir (Şafak ve ark., 2023). Türkiye'de 25 yaş ve üstü nüfusa bakıldığında; lise ve dengi meslek okulu mezunlarının oranı, 2008 yılında %15,4 iken 2022 yılında %22,9'a ulaşmıştır. Yüksekokul ve fakülte mezunlarının oranı ise %8,3'ten %20,3'e ilerlemiştir (TUİK, 2024). İşçilerin sivil savunma ve yangınla mücadele konusunda eğitim veren meslek okulu mezunlarından istihdam edilmesi gündemde yer alan öneriler arasındadır (TOD, 2021).

Orman yangın müdahale işçilerinin genel olarak %55'i evlidir. Evlilik oranı birinci YHB'de en yüksek (%59) iken diğer YHB'lerde bu oran %43 ile %55 arasındadır. Orman yangın müdahale işçilerinin ortalama görev süresi 8,8 yıl olup en uzun deneyim 36 yıldır. Avcı ve Korkmaz (2021)'de son on yıl boyunca daha fazla orman yangın işçisine ihtiyaç

olmasına rağmen, son üç yılda bu sayının önemli ölçüde azaldığı vurgulanmıştır. Orman yangınlarıyla etkili mücadele için işçi sayısının artırılması ve çalışma periyotları uzun deneyimli işçilerin görev alması üzerinde durulan konulardandır (TOD, 2022). Özden ve ark. (2012)'de orman yangın işçilerinin %32,7'sinin görev süresi 1-5 yıllık iken bu çalışmada işçilerin %47'si 1-3 yıllıktır. Görev süresi, işçilerin deneyim kazanması ve bu deneyimini daha genç iş arkadaşlarına aktarması açısından önemlidir. Bu çalışmanın görev süresine yönelik sonuçları, OGM'nin istihdam politikasının uygun ve düzenli olmadığına işaret etmektedir.

Orman yangınları ile mücadelede etkinliğin sağlanmasında dikkate dilecek hususlardan biri de ormanların izlenmesidir. YHB'lerde görevli işçilerin görüşleri arasında, gözetleme kulelerinin (T3), kameralı ve uzaktan izleme çalışmalarının (T9), yangın riski yüksek alanlarda ilave gözetleme ve devriye faaliyetleri (T11) konularında farklılık bulunmaması söz konusu maddelerin orman yangınlarının tespitinde önemli bir yerinin olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda sabit, gezici ve hava araçları ile yapılan keşif ve gözlemler sürdürülmelidir (Doğanay ve Doğanay, 2004). Sunar ve Kurnaz (2022) özellikle orman yangınlarının erken aşamadaki tespiti ve müdahale etmede sağladığı kolaylık açısından teknoloji kullanımını, son derece faydalı ve maliyet etkin uygulamalar olarak değerlendirmektedir.

Orman işletme müdürlüklerinin talebi doğrultusunda, İl Orman Yangınlarıyla Mücadele Komisyon Toplantılarında, uzun yıllardır yangın mevsiminde halkın ormana giriş-çıkışı yasaklanmakta ve bu kapsamda mesire yerlerinin kullanılması önerilmektedir. Orman yangınlarıyla mücadele açısından halkın ormana giriş-çıkışı ve mesire yerlerinin kontrol altına alınmasına yönelik faaliyetlerin (T10) oldukça önemli olduğu, YHB'lerde görevli işçilerin görüşleri arasında farklılık bulunmamasından anlaşılmaktadır.

OGM (2019)'da arazöz ve yer ekiplerinde yangın işçilerinden yeterli sayıda oluşturulamaması, işçilerin fiziksel özelliklerinin yeterli olmaması, orman yangınları ile mücadelenin zayıf yönleri olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada, orman yangını müdahale işçilerine göre orman yangınlarıyla mücadele kapsamında görevlendirilen orman muhafaza memuru sayısı çok fazla düzeyde yeterlidir. Arazöz ekiplerindeki, su ikmal araçlarındaki ve gözetleme kulelerindeki personel sayısı orta düzeyde yeterlidir. Yer ekibi ile yangın müdahale ekibi sayıları orta düzeyde yeterlidir. Yine, gözetleme kulesi sayısı da orta düzeyde yeterlidir. Ancak, orman yangını müdahale işçilerinin personel ve ekiplerin yeterlilik durumuna yönelik görüşlerinde YHB'ler arasında farklılık bulunmaktadır.

Atmış ve ark. (2022) yangın işçilerinin yeterli ve uygun olmayan beslenme şartları üzerinde durmaktadır. Ancak orman yangın işçileri, kumanya ve yemek dağıtımı (S8), tuvalet, duş ve temizlik (S9) konularındaki sorunlarının az düzeyde olduğunu belirtmiştir.

Yangın alanına emniyetli ulaşımında (S10) ve yangın alanında kişisel koruyucu donanımları kullanmada ve muhafazasında (S12) ise çok az düzeyde sorun yaşanmaktadır. Bu dört konuda genel olarak sorun bulunmadığı, YHB'lerde görevli işçilerin görüşleri arasında farklılık bulunmamasından anlaşılmaktadır.

Orman yangınları, gece ve gündüz ayırt etmeksizin ortaya çıkabilmekte, söndürme ve soğutma faaliyetleri uzun süre almaktadır. Bu süreçte, aynı ortamda çoğunlukla vardiya değişimi olmaksızın 7/24 görev yapılmaktadır. Çalışma saatlerinin fazla olması (S13), personel verimi üzerinde olumsuz yönde orta düzeyde etkili bulunmuştur. Bu nedenle, orman yangın işçilerinin uyku ve dinleme ihtiyaçlarının dikkate alınması gerektiğini ve vardiya halinde çalışmanın uygun olacağını belirtmektedir (Özer, 2022 ve Küçükosmanoğlu, 1986).

Orman yollarının miktar ve yol niteliği açısından yetersiz oluşu (S2) ile yangın emniyet yol ve şeritlerinin bakımının yeterince yapılmaması (S3) orman yangınlarıyla mücadeleyi orta düzeyde güçleştirmektedir. Literatürde orman yollarının, üzerinde ve kenarında bulunan çalılıklardan arındırılmasının önemli (Tadesse ve Seboko, 2013) olduğu, yol ağının olmadığı veya bakımsız orman alanlarında yapılacak orman yangınlarıyla mücadele çalışmalarının yetersiz olacağı (Bilgili ve ark., 2010) ifade edilmektedir.

Yangınla mücadeleden sorumlu birimin sorumluluklarının iyi bir şekilde tanımlanmasının iletişim ve koordinasyon faaliyetlerinin etkinliğini arttıracığı belirtilmektedir (Tadesse ve Seboko, 2013; Tedim ve ark., 2018). Bu çalışmada görev dağılımı, iletişim ve koordinasyona yönelik sorunlar önemli görülmesine de Purnomo ve ark. (2021)'de belirtilen orman yangınlarıyla mücadelede görev alan bütün kurumlarının görev tanımlarını yapmak gerekir.

Orman yangını müdahale işçilerinin kamu tarafından istihdam edilmesinden dolayı anketlere verilen yanıtlarda yanlılık söz konusu olması çalışmanın sınırlılığı olarak değerlendirilmektedir. Bu sınırlılığı aşmak için işçilerin orman yangınlarına müdahale sırasında yaşadıkları sorunlara yönelik algıların ölçülmesi önerilmektedir. Bu noktada, ormancılık alanında faaliyet gösteren ulusal ya da uluslararası bağımsız kurumlar ile iş birliği yaparak düzenli olarak yapılacak raporlar ile bilimsel veri üretilebileceği öngörülmektedir. Böylelikle akademik çalışmalar için karşılaştırma yapma ortamı oluşabilecektir. Bu çalışma, Türkiye'de orman yangını müdahale işçilerinin yangın sırasında

karşılaştıkları sorunlara ilişkin verileri sunan ilk çalışmadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar orman yangınlarıyla etkin mücadelede kullanılması beklenmektedir.

## 5. Sonuç

Orman yangınlarının çıkış nedenlerini ve etkileyen faktörleri, ormancılık politikalarının yeterliliğini, yangın söndürme personeli ve ekiplerin yeterlilik durumunu, gözetleme kulelerinin etkinliğini, yangın işçilerinin sayı ve niteliklerini, yönetim, eşgüdüm ve iletişim sorunlarını, yangın söndürme sürecinde gönüllülerin rolü gibi birçok konunun orman yangınlarıyla mücadele kapsamında etkinliğinin sorgulanması gerekmektedir. Bu sorgulama, ormancılık politikalarının değişen koşullara uyum sağlayacak şekilde güncellenmesi ve yangınla mücadele stratejilerinin yeniden gözden geçirilmesi açısından önemlidir.

Türkiye’de orman yangınlarıyla mücadele çalışmalarında görev yapan işçilerin gençleştiği ve eğitim düzeylerinin arttığı görülmekle birlikte işçi istihdamının her yıl düzenli olarak yapılmadığı bu çalışmada ortaya çıkmıştır. Orman yangınlarıyla mücadelede işçilerin çalışma saatlerinin fazla olması verimliliği olumsuz yönde etkilemektedir. Orman yangınlarıyla mücadele kapsamında görevlendirilen orman muhafaza memuru sayısının yeterli olduğu, arazöz ekiplerindeki, su ikmal araçlarındaki ve gözetleme kulelerindeki personel sayısının ise orta düzeyde yeterli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, gözetleme kulesi, yer ekibi ve yangın müdahale ekibi sayıları orta düzeyde yeterli bulunmuştur.

Orman yangını müdahale işçilerinin 50 yaşına kadar orman yangınlarıyla mücadele faaliyetlerinde çalıştığı anlaşılmaktadır. Tüm orman yangın müdahale işçilerinin temel düzeydeki fiziksel uygunluk gereksinimlerini karşılamaları ve bu durumu sürdürmeleri sağlanmalıdır. Bilgili ve deneyimli işçilerden oluşan güvenilir ve sürdürülebilir bir yapı isteniyorsa, işçilerin organizasyonlarındaki yapısal iyileştirmeler ile yangınla mücadele faaliyetlerine daha genç bireyleri çekecek istihdam fırsatları sunulmalıdır. Daha yaşlı, deneyimli işçileri ise kilit liderlik ve eğitim rollerinde tutmak için onların kariyer basamaklarının da iyileştirilmesi önerilmektedir.

Orman yangını müdahale işçileri tarafından gözetleme kulelerinin, kameralı ve uzaktan izleme çalışmalarının, yangın riski yüksek alanlarda ilave gözetleme ve devriye faaliyetlerinin, halkın ormana giriş-çıkışı ile mesire yerlerinin kontrol altına alınmasına yönelik faaliyetlerin orman yangınlarının tespitinde çok önemli olduğu değerlendirilmekte ve bu faaliyetlerin sürdürülmesi desteklenmektedir. Orman yangınlarıyla mücadele kapsamında görev dağılımı, iletişim ve koordinasyona yönelik sorunlar azınlıkta

bulunmaktadır. Ancak, orman yollarının miktar ve yol niteliğindeki yetersizlik ile yangın emniyet yol ve şeritlerinin bakımında sorunlar bulunmaktadır. Bu doğrultuda gerekli iyileştirmeler yapılmalıdır.

Orman yangınlarının olumsuz etkilerini azaltmak için iklim değişikliği ile mücadele, yangın riskini azaltma, yangın söndürme kapasitesinin artırılması ve kurumsal işbirliğinin sağlanması, önemli adımlardır. Bunun için de orman yangınlarıyla mücadelede, çok yönlü bir yaklaşım benimsenmesi ve ormancılık politikalarının güçlendirilmesi gerekmektedir.

Orman yangınlarıyla mücadelenin etkinliğini arttırmak amacıyla orman yangınlarıyla mücadele organizasyonu içindeki bütün süreçlerin tanımlanması ve her bir süreçte görev alan personelin iş tanımlarının öncelikli olarak yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda orman yangınları ile mücadelenin bütün kademelerinde nasıl bir vardiya sistemi tasarlanacağı ve bu uygulamanın istihdam sağlama, ekonomik boyutu, performansa etkisi gibi olumlu ve olumsuz yönleri açıklanmalıdır. Gelecek dönemde, orman yangınlarıyla mücadelenin etkinliğini arttırmak amacıyla orman yangınlarıyla mücadele organizasyonu içindeki bütün süreçlerin tanımlanması ve her bir süreçte görev alan personelin iş tanımlarının öncelikli olarak yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda orman yangınları ile mücadelenin bütün kademelerinde nasıl bir vardiya sistemi tasarlanacağı ve bu uygulamanın istihdam sağlama, ekonomik boyutu, performansa etkisi gibi olumlu ve olumsuz yönleri açıklanmalıdır.

## **Teşekkür**

Bu çalışmada, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünce desteklenen "Orman Yangın İşçilerinin Kişisel Özellikleri, İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları ile Eğitim Faaliyetlerine Yönelik Algısının Araştırılması" başlıklı araştırma projesinin veri setinden yararlanılmıştır (Proje numarası: 15.4001/2022-2023).

Çalışmaya destek olan tüm orman yangın işçilerine teşekkür ederiz. Çalışma için, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Sosyal ve Beşerî Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu Başkanlığından Etik Kurul İzni alınmıştır (06.09.2022 tarihli toplantı, 2022/242 numaralı karar).

## Kaynaklar

- Akay, A.E., Yenilmez, N. (2007). Orman yangınları ile mücadelede çalışan işçilerin sağlık ve iş güvenliği sorunlarının incelenmesi: Alanya Orman İşletme Müdürlüğü Örneği, *13.Ulusal Ergonomi Kongresi*, 6-8 Aralık, Kayseri.
- Atmış, E., Kavgacı, A. ve Tutmaz, V. (2022). Orman Yangınları. Atmış, E. (Ed.). *Türkiye Ormancılığı 2022:Türkiye’de Ormansızlaşma ve Orman Bozulması içinde* (s. 139-153). Ankara: Türkiye Ormancılar Derneği.
- Atmış, E., Tolunay, D. ve Erdönmez, C. (2023a). Orman yangınlarının sayısal analizi. Kavgacı, A. ve Başaran M. A. (Ed.). *Orman Yangınları içinde* (s. 23-44). Ankara: Türkiye Ormancılar Derneği Yayını.
- Atmış, E., Erdönmez, C. ve Kurdoğlu, O. (2023b). Orman yangınlarıyla mücadelede gönüllülük. Kavgacı, A. ve Başaran M. A. (Ed.). *Orman Yangınları içinde* (s. 277-285). Ankara: Türkiye Ormancılar Derneği.
- Avcı, M., Korkmaz, M. (2021). Türkiye’de Orman yangını sorunu: Güncel bazı konular üzerine değerlendirmeler. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 22(3), 22-240.
- Bacı, N, Çalışkan, E. (2022). Orman yangınlarında çalışan işçilerin sağlık sorunları üzerine bir araştırma. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 23 (1), 94-101.
- Başlı, A.O. ve Güngöroğlu, C. (2023c). Orman yangınlarıyla mücadelede kullanılan altyapı tesisleri. Kavgacı, A. ve Başaran M. A. (Ed.). *Orman Yangınları içinde* (s. 227-238). Ankara: Türkiye Ormancılar Derneği.
- Beighley, M., Hyde, A. C. (2018). Portugal wildfire management in a new era assessing fire risks, resources and reforms. Centro de Estudos Florestais–Instituto Superior de Agronomia/Universidade de Lisboa.
- Bilgili, E., Baysal, İ., Dinç-Durmaz, B., Sağlam, B., Küçük, Ö. (2010). Türkiye’de 2008 yılında çıkan büyük orman yangınlarının değerlendirilmesi. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Cilt:III, s. 1270-1279.
- Cronbach, L., J. (1984). *Essentials of psychological testing*. New York: Harper.
- Daşdemir, İ. (2019). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Yayın No: 1536, ISBN: 978-605-320-442-8, 210 s., Ankara: Nobel.
- Dimitrakopoulos, A., Gogi, C., Stamatelos, G., Mitsopoulos, J. (2011). Statistical analysis of the fire environment of large forest fires (>1000 Ha) in Greece. *Polish Journal of Environmental Studies* 20(2), 327–332.



- Doğanay, H., Doğanay, S. (2004). Türkiye’de orman yangınları ve alınması gereken önlemler, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9(11), 31-48.
- Eker Ö, Abdurrahmanoğlu D.M. (2022). Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü’nde orman yangın söndürme ekiplerinin iş tatmini üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(1), 339-359.
- Fernandez-Anez, N., Krasovskiy, A., Müller, M., Vacik, H., Baetens, J., Hukić, E., ... & Cerda, A. (2021). Current wildland fire patterns and challenges in Europe: A synthesis of national perspectives. *Air, Soil and Water Research*, 14, 1-19.
- Gülci N., Serin, H., Akay, A.E., (2016). Yangın gözetleme kulesinde görev yapan işçilerde görülen rahatsızlıklar. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(2), 632-639.
- Gümüş, S., Türk, Y. (2011). Orman yangın işçilerinde işçi sağlığı ve güvenlik verilerinin tespitine yönelik araştırma. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 7(1), 1-9.
- Güney C.O., Özkan K., Şenturk, Ö. (2016). Modelling of spatial prediction of fire ignition risk in the Antalya-Manavgat district. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(2), 459-470.
- Jones, M. W., Abatzoglou, J. T., Veraverbeke, S., Andela, N., Lasslop, G., Forkel, M., ve ark. (2022). Global and regional trends and drivers of fire under climate change. *Reviews of Geophysics*, 60(3), 1-76.
- Joshi, K.P., Adhikari, G., Bhattarai, D., Adhikari, A., Lamichanne, S. (2024). Forest fire vulnerability in Nepal’s Chure region: Investigating the influencing factors using generalized linear model. *Heliyon*, 10(7).
- Kavgacı, A., Tolunay, D., Sevgi, O. ve Tutmaz, V. (2023d). Orman yangınları terminolojisi. Kavgacı, A. ve Başaran M. A. (Ed.). *Orman Yangınları içinde (s. 3-20)*. Ankara: Türkiye Ormancılar Derneği.
- Kete, S. (2023). Local community participation and volunteerism in wildfire area management. A systematic review. *Turkish Journal of Forestry*, 24(3), 251-261.
- Kılıç, H. (2012). Orman yangınları ve insan ilişkisi: Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Kudu, U. M., Buğday, E. (2019). Yangın gözetleme kuleleri konumlarının uygunluğunun değerlendirilmesi (Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü örneği). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 550-559.

- Küçükosmanoğlu, A. (1986). Türkiye ormanlarında çıkan yangınların sınıflandırılması ile büyük yangınların çıkma ve gelişme nedenleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. Seri: A, 36(1):131-154.*
- Leone V, Elia M, Lovreglio R, Correia F, Tedim F. (2023). The 2017 Extreme wildfires events in Portugal through the perceptions of volunteer and professional firefighters. *Fire 6(4):133.*
- OGM, (2019). Orman Yangınlarıyla Mücadelede Yenilikçi Yaklaşımlar Grubu Çalışma Belgesi, III. Tarım ve Orman Şûrası, 24s.
- OGM, (2021a). Orman Yangınlarıyla Mücadele Değerlendirme Raporu. Orman Genel Müdürlüğü, 141s.
- OGM, (2021b). İklim Değişikliği Sürecinde Orman Yangınları Çalıştay Raporu. 12-15 Ekim 2021,30 s, OGM Yayını, Ankara.
- OGM, (2022a). Orman Yangınları ile Mücadele Faaliyetleri 2022 Yılı Değerlendirme Raporu. Orman Genel Müdürlüğü (OGM), Orman Yangınlarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı, 137s. Ankara.
- OGM, (2022b). Orman ve Kırsal Alan Yangınlarının Söndürülmesi. Eğitim Notu, 34s. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/kitaplik/egitim-dokumanlari/egitim-dokumanlari-oym> (Erişim Tarihi: 04.07.2022).
- OGM, (2022c). Orman Yangınlarıyla Mücadele 2022 Yılı Eylem Planı; Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Yangınlarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı: Ankara. 220.s
- OGM, (2023). Orman Yangınlarıyla Mücadele 2023 Yılı Eylem Planı; Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Yangınlarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı: Ankara. 225.s
- Okan, S. Ü., Acar, H., H. (2017). Evaluation of satisfaction levels from work wears of forest fire workers. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 67(1): 93-102.*
- Özden, S., Kılıç, H., Ünal, H., E., Birben, Ü. (2012). *Orman yangını insan ilişkisi.* Türkiye Ormancılar Derneği. 61s.
- Özer, M. (2022). Yanlış Ormancılık Politikalarının Orman Yangınlarına Etkisi. Kavgacı, A. (Ed.). *Geleceğini Korumaya Sadece Ağaçlar Değil* içinde (s. 18-33). Ankara: Türkiye Ormancılar Derneği.
- Peñuelas, J., Sardans, J. (2021). Global change and forest disturbances in the mediterranean basin: breakthroughs, knowledge gaps, and recommendations. *Forests 12(5):603.*

- Purnomo, E., P., Ramdani, R., Nurmandi, A., Trisnawati, D., W., Fathani, A. T. (2021). Bureaucratic inertia in dealing with annual forest fires in Indonesia. *International Journal of Wildland Fire*, 30(10):733-744.
- Rocha, J. (2021). *Public Perception of Forest and Fire Management Policy in Portugal*. Independent Study Project (ISP) Collection. 3389. [https://digitalcollections.sit.edu/isp\\_collection/3389](https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/3389)
- Şafak, İ., Okan, T., Karademir, D. (2023). Perceptions of Turkish forest firefighters on in-service trainings. *Fire*, 6(2), 38.
- Şafak, İ., Karademir, D., Okan, T. (2024). An assessment of Turkish Forest Fire Workers' thoughts on occupational health and safety. *Croatian Journal of Forest Engineering* 45(2),403-419.
- Şahan, E. A., Köse, N., Akkemik, Ü., Güner, H. T., Tavşanoğlu, Ç., Bahar, A., ... & Dalfes, H. N. (2021). Fire history of *Pinus nigra* in Western Anatolia: A first dendrochronological study. *Dendrochronologia*, 69, 125874.
- Sunar, O. N., Kurnaz, S. (2022). Kriz ve Kriz Yönetimi: Orman yangınlarında havacılığın kullanımını üzerine bir değerlendirme. *Türk Hava Kurumu Üniversitesi Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi*, 3(1), 62-85.
- Tadesse, E., Seboko, B. (2013). *Training Manual On: Forest/Wildland Fire Prevention and Control for Sustainable Forest Management*. Hawassa University, Wondo Genet College of Forestry and Natural Resources, Wondo Genet, Ethiopia. 110p.
- Tedim F, Leone V, Amraoui M, Bouillon C, Coughlan MR, Delogu GM, Fernandes PM, Ferreira C, McCaffrey S, McGee TK, Parente J, Paton D, Pereira MG, Ribeiro LM, Viegas DX, Xanthopoulos, G. (2018). Defining extreme wildfire events: Difficulties, challenges, and impacts. *Fire*, 1(1): 9.
- TOD (Türkiye Ormancılar Derneği), (2021). Orman Yangınları Özel Sayısı. *Orman ve Av Dergisi*, Temmuz-Ağustos 4, Cilt 99, ISSN: 1302-040X.
- Türkiye Ormancılar Derneği (TOD), (2022). Orman Yangınları Yönetimine İlişkin Değerlendirme Raporu. *Orman ve Av Dergisi*, Temmuz-Ağustos 5, Cilt 100, s.10-20, ISSN: 1302-040X.
- Türkiye Ormancılar Derneği (TOD), (2023). *Orman yangınları*. Türkiye Ormancılar Derneği Yayını, ISBN: 978-605-71791-4-2, 442 s.
- TÜBA (2021). *Orman Yangınları: Sebepleri, Etkileri, İzlenmesi, Alınması Gereken Önlemler ve Rehabilitasyon Faaliyetleri*. Kavazoğlu, T. (Ed.). Ankara. ISBN 978-605-2249-79-6.

- TÜİK, (2024). Ulusal Eğitim İstatistikleri-2022. <https://data.tuik.gov.tr> (Ziyaret tarihi: 11.05.2024)
- Yılmaz, E., Koçak Z., Coşgun U., Ay Z., Bilgin F., Şafak, İ. (2012). Orman yangınları yönetiminin bütünleyici karmaşıklık yöntemiyle değerlendirilmesi. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ISBN:978-605-4610-34-1. 124s.
- Zhang, Z., Tian, Y., Wang, G., Zheng, C., Zhao, F. (2024). A forest fire prediction method for lightning stroke based on remote sensing data. *Forests*, 15(4), 647.

## Tür Dağılım Modellemesinin Kısa Tarihi: Web of Science üzerinden Bibliyometrik Çalışma

### A Brief History of Species Distribution Modeling: Bibliometric Study on the Web of Science

 Serkan ÖZDEMİR<sup>1</sup>

#### Özet

Bu çalışmada tür dağılım modellemelerinin (TDM) tarihsel evrimi ve gelecekteki potansiyel gelişmeleri incelenmiştir. TDM'lerin kökeni, Humboldt'un bitki coğrafyası ve Darwin'in türlerin evrimi üzerine olan çalışmalarına dayanır. 1980'lerden itibaren, özellikle veri analitiği ve istatistiksel yöntemlerin gelişmesiyle, TDM'ler ekoloji ve biyocoğrafya araştırmalarda önemli bir araç haline gelmiştir. Çalışmada, Web of Science Core Collection veri tabanından 1980-2023 yıllarına ait olarak elde edilen veriler bibliyometrik yöntemlerle analiz edilmiştir. R programlama dilinde "bibliometrix" paketi kullanılarak yapılan analizlerle, TDM'lerin zaman içindeki gelişimi, kullanılan yöntemlerdeki değişimler değerlendirilmiştir. Bulgular, TDM'lerin geniş bir uygulama alanına sahip olduğunu, iklim değişikliği ile beraber giderek daha fazla kullanıldığını ortaya koymuştur. Ayrıca istatistik ve bilgisayar teknolojileri alanlarındaki gelişmelerinde de farklı TDM yaklaşımlarının geliştirilmesine zemin hazırladığı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bibliometrix, Biblioshiny, İklim değişikliği, Tür dağılım modelleri, WOSCC

#### Abstract

This study examines the historical evolution and potential future developments of species distribution modeling (SDM). The origins of SDMs trace back to Humboldt's pioneering explorations in plant geography and Darwin's groundbreaking work on the evolution of species. Since the 1980s, particularly with the advancement of data analytics and statistical methods, SDMs have become a significant tool in ecological and biogeographical research. The study analyzes data from the Web of Science Core Collection for the years 1980-2023 using bibliometric methods. The analysis, conducted with the "bibliometrix" package in the R programming language, assesses the evolution of SDMs over time and the changes in methodologies used. The findings indicate that SDMs have a wide range of applications and are increasingly utilized in the context of climate change. Additionally, advancements in statistics and computer technologies are believed to have paved the way for the development of various SDM approaches.

**Keywords:** Bibliometrix, Biblioshiny, Climate change, Species distribution modeling, WOSCC

Geliş Tarihi: 28.07.2024, Düzeltme Tarihi: 25.09.2024, Kabul Tarihi: 26.09.2024

Adres: <sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksekokulu, Ormanlık Bölümü

E-mail: serkanozdemir@isparta.edu.tr

## 1. Giriş

Türlerin coğrafi dağılımlarının belirlenmesine olan ilgi geçmişten günümüze devam etmektedir. Bu kapsamda yapılan sistematik çalışmaların başlangıç noktası Alexander von Humboldt'un yapmış olduğu Bitkilerin Coğrafyası “(Essay on the Geography of Plants)” isimli çalışmadır (von Humboldt, 1814). Esasında bundan elli yıl önce Linneaus, bitkilerin yaşam ortamlarını, onları belirleyen fiziksel koşullara atıfta bulunarak tartışmış ve bir süre sonra tohumların rüzgarlar ve diğer etkenlerle yayılmasını, iklim ve iklim koşullarının etkisini ele almıştır. Ancak Humboldt, gerçekleri ilkelere tabi kılan ve gözlemlenen tüm olgulara rasyonel bir açıklama vermeye çalışan, konuya ayırt edici bilimsel ruhla yaklaşan ilk kişi olarak ön plana çıkmıştır. Humboldt'un bu yaklaşımı onu yeryüzünün bitki örtüsünü biyoloğun bakış açısından ziyade fiziki coğrafyacının bakış açısı ile düşünmeye yöneltmiştir (Spalding, 1890). Bu çalışmalar yapıldıkça araştırmacıların bitki türlerine olan bakış açısı değişmiştir. Örneğin bazı bitki familyalarının baskın olması o ekosistemin karakteristikleri hakkında bilgi sunmaktadır. Ya da bazı türlerin varlığı ya da yokluğu o ekosistemin refahı ile ilişkilendirilebilmektedir. Araştırmalar bu ve benzeri sonuçları ortaya koydukça tür dağılım çalışmaları hız kazanarak ve devamlı perspektif değiştirerek devam etmiştir. Verilen örneklerden yola çıkarak bu çalışmaları sadece bitki türlerine atfetmek çok doğru bir yaklaşım değildir. Özellikle Charles Darwin tarafından yayınlanan On The Origin of Species (Türlerin Kökeni) ile birlikte canlı toplumlarına yönelik hakim paradigma da keskin bir kırılma yaşanmıştır (Darwin, 1859). Bahsi geçen sürecin neticesinde bitkilerde olduğu gibi hayvan türlerinin dağılımlarında da süregelen hakim paradigma değişim göstermiştir.

Türlerin dağılımlarını inceleyen çalışmalar, tarihsel süreç içerisinde farklı yaklaşımlarla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların temel prensibini çalışmanın yayınlandığı dönem itibariyle hakim olan paradigma belirlemiştir. Dolayısı ile bu paradigmalardaki değişimler o dönemlerdeki mevcut trend üzerinde önemli kırılmalara sebep olmuştur. Kantitatif yaklaşımların doğa bilimleri içerisinde benimsenmesiyle yaşanan kırılma, verilebilecek en belirgin örneklerden birisidir. Kantitatif yöntemlerin selefleri olan yaklaşımlara kıyasla daha analitik, anlaşılabilir ve pratik sonuçlar sergilemesi doğa bilimleri içerisinde hızla yer edinmesine yardımcı olmuştur.

Kantitatif yaklaşımlar zamanla sosyal bilimler gibi farklı disiplinler içerisinde kendine yer edinmiştir. Dolayısı ile doğa bilimlerinde yaşanan paradigma değişimi farklı bilim dalları için de söz konusu olmuştur. Burada anlaşılması gereken husus kantitatif yöntemlerin hızla çeşitlenmesi ve farklı disiplinlerde alternatif yaklaşımlar olarak değerlendirilmiş olmasıdır.

Bunda istatistik yöntemlerde ve bilgisayar biliminde yaşanan gelişmelerin etkili olduğu açıkça anlaşılmaktadır. Bahsi geçen değişim ve gelişim sürecinin neticesinde bitki ve hayvan toplumlarının habitatları ile ilişkilerini ortaya koyan çok sayıda yaklaşım ortaya çıkmıştır. Bunlar arasında tür dağılım modellemeleri ön plana çıkmaktadır.

Tür dağılım modellemeleri (TDM), türlerin dağılımları ile habitat faktörleri arasındaki ilişkiye yönelik temel ekolojik (Whittaker ve ark., 1973) ve biyocoğrafik (Holdridge, 1947) kavramların temeli üzerine inşa edilmiş bir dizi prosedür, tanım ve teknikten oluşan ampirik metodolojilerdir.

TDM'ler uygun verilerin mevcut olması koşuluyla, deniz, kara ve tatlı su türleri de dahil olmak üzere herhangi bir taksona uygulanabilmektedir.

Tür dağılım modellemelerinin kökeni, hesaplama kapasitesinin sınırlı olduğu 1970'lerin sonlarına dayanmaktadır. Bu alandaki ilk çalışmaların çoğunlukla bir türün çevresel değişimlere tepkisini etkili bir şekilde modellemek için yeni yöntemlerin geliştirilmesine odaklanmıştır (Austin 1987, Austin ve ark., 1990). Metodolojiye yönelik bazı kavramsal bilgiler yapılan çeşitli çalışmalarda özetlenmiştir (Franklin, 1995, Guisan ve Zimmermann, 2000) ve bu çalışmalar halen mevcut dağıtım modelleme literatüründe referans noktaları olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, son 20 yılda, tür dağılım modellemelerin yönelik metodolojileri ve bunların tür ve ekosistem koruma, tür-yetişme ortamı ilişkileri ve evrimle ilgili geniş bir dizi soruya uygulanması üzerine çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Örneğin “Ekolojiyi Korumaya Yönelik Araçlar Olarak Tür Dağılım Modellerinin Faydası (The Utility of Species Distribution Models as Tools for Conservation Ecology)” başlıklı bir dizi uzmanlaşmış TDM çalıştayının (2008 Riederalp) üçüncüsünden çıkan özel sayıda, TDM alanının mevcut eğilimleri ve son on yıllarda kaydedilen ilerlemesi yansıtılmıştır.

Yukarıda bahsedildiği üzere TDM'ler, farklı koruma, ekolojik ve evrimsel süreçler altında türlerin yayılışlarını belirleyen faktörler hakkında istatistiksel çıkarımlar yapmaya yönelik ampirik yaklaşımları temsil eder. TDM'lerin istatistiksel temellerini geliştirmek için, yeni istatistiksel yöntemlerin uygulanması (Yee ve Mitchell, 1991, Phillips ve ark., 2006, Prasad ve ark., 2006, Elith ve ark., 2008; Çıvğa ve ark., 2024), örnekleme tasarımının model performansına göre değerlendirilmesi (Edwards ve ark., 2006, Guisan ve ark., 2006), TDM'lerin doğruluğuna ilişkin örneklem büyüklüğü ve yaygınlığının araştırılması (Stockwell ve Peterson, 2002; Zimmermann ve ark., 2007; Wisz ve ark., 2008), model uyumundan mekansal otokorelasyonun kaldırılması (Dormann ve ark., 2007), TDM'ler için çeşitli istatistiksel yöntemlerin karşılaştırılması (Elith ve ark., 2006) ve modellerin

değerlendirilmesi (Allouche ve ark., 2006; Smulders ve ark., 2010) başlıklarında yapılması önemli çalışmalar bulunmaktadır. Bunların dışında TDM sürecinde karşılaşılabilecek sorunları analiz eden ve önerilerde bulunan çalışmalar da bulunmaktadır (Pearson ve Dawson, 2003; Guisan ve Thuiller, 2005; Araújo ve Guisan, 2006; Elith ve Graham, 2009; Elith ve Leathwick, 2009).

Verilen bilgilerden anlaşılacağı üzere TDM'ler doğa bilimlerine yönelik çalışmalarda geçmişten günümüze araştırmacıların odağı olmuştur. Metodolojinin sunmuş olduğu uygulama yönelik çözümler bahsi geçen trendin temel sebebidir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde TDM'lere yönelik olarak geliştirilmiş çok sayıda yöntem olduğu görülmektedir. Bu yöntemlerin bazıları doğrudan doğa bilimlerine yönelik olarak geliştirilmişken, bazıları ise farklı disiplinlere yönelik olarak geliştirilmiş ancak daha mekanistik yöntemler ve bağlantı yöntemleri olmak üzere iki başlık altında gruplandırıldığı görülmektedir. Mekanistik yöntemlerde hedef türlere ait ekofizyolojik özellikler kullanılmaktadır. TDM'ler neticesinde haritalama yapılacağı düşünüldüğünde alana ait olarak piksel bazlı sayısal verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda düşünüldüğünde sayısal ekofizyolojik özelliklerin elde edilmesi diğer yetiştirme ortamı faktörlerinin elde edilmesine kıyasla oldukça zordur. Bağlantı yöntemlerinin gerçekleştirilmesi için ise ekofizyolojik özelliklere ihtiyaç duyulmadığından haritalama süreci çok daha kolay bir şekilde yapılabilmektedir. Dolayısı ile bağlantı yöntemleri çok daha fazla tercih edilmektedir (Özdemir, 2022; Çıvğa, 2023).

Bağlantı yöntemleri profil teknikleri ve grup ayırım teknikleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bağımlı değişkene yönelik olarak sadece var verisinin olması durumunda profil teknikleri, ikili kategorik veri olması durumunda ise grup ayırım teknikleri olarak isimlendirilmektedir. Profil tekniklerine yönelik en bilinen yöntemler Maksimum Entropi (Maximum Entropy: MaxEnt), Ekolojik Niş Faktor Analizi (Ecological Niche Factor Analysis: ENFA), Biyoiklimsel Aralık Modelleri (Bioclimatic Envelope Models: BIOCLIM) ve Kural Seti Tahmini İçin Genetik Algoritmalar (Genetic Algorithm for Rule-set Prediction: GARP)'dır. Lojistik Regresyon (Logistic Regression: LR), Genelleştirilmiş Doğrusal Model (Generalized Linear Model: GLM), Genelleştirilmiş Eklemeli Model (Generalized Additive Model: GAM), Karar Ağaçları (Decision Trees: DT), Artırılmış Regresyon Ağacı (Boosted Regression Tree: BRT), Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network: ANN), Esnek Ayırım Analizi (Flexible Discriminant Analysis: FDA), Çoklu Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri (Multiple Adaptive Regression Splines: MARS) ve Rastgele Orman (Random Forest: RF) ise grup ayırım tekniklerinin en bilinen örnekleridir.



Bunların yanında bazen yalancı var ve yok verileri kullanılarak bahsi geçen yöntemler farklı şekillerde kullanılabilir. Örneğin arka planda yalancı yok verilerini kullanarak GAM (Zaniewski ve ark., 2002) ve RF (Valavi ve ark., 2021) yöntemlerinin sadece var verilerine dayalı olarak modellendiği çalışmalar bulunmaktadır.

Verilerden anlaşılacağı üzere zamanla çok sayıda çalışma yapılmış ve bu çalışmalarda yeni yaklaşımlar önerilmiştir. Bu çalışmada TDM'ler kullanılarak 1980-2023 yılları arasında yapılan çalışmalar incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları zaman içerisinde konuya olan eğilim ne ölçüde değiştiğinin tespit edilmesi, bu değişimlerin sebeplerinin ortaya koyulması ve gelecekte nasıl değişebileceğinin öngörülmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Veri Kaynağı

Çalışmada Bibliyometrik analizler kullanılarak Web of Science Core Collection (WOSCC) veri tabanında yer alan TDM üzerine yayınlanmış akademik çalışmalar analiz edilmiştir. WOSCC, 21.000'den fazla hakemli dergiye sahiptir ve akademik makale analizi için en sık kullanılan, en güvenilir küresel alıntı veri tabanıdır (Berk ve ark., 2024). WOSCC veri tabanından TDM'lere yönelik olarak 1980-2023 yılları arasındaki çalışmalar taranmıştır. Veri tabanı güncellemelerinin neden olduğu sapmaları önlemek için tüm veriler aynı gün indirilmiştir. Çalışmalar taranırken belirlenen kelimeler hem başlık hem de anahtar kelimelere ait olarak filtrelenmiştir. Diğer bir ifade ile belirlenen kelimenin başlıkta veya anahtar kelimelerde geçtiği çalışmaların verisi indirilmiştir. Daha sonra ise sırasıyla doküman tipi, araştırma alanı ve çalışma dili filtrelenmiştir. Kelimeler filtrelenirken TDM çalışmalarında başlıklarda ve anahtar kelimelerde en yaygın şekilde kullanılan kelime öbekleri (Hijmans ve Elith, 2013; Acarer, 2024; Acarer ve Mert, 2024; Özdemir, 2024; Zenbilci ve ark., 2024) diğer filtrelemelerde ise bibliyometrik analizlerde en sık tercih edilen filtreleme seçenekleri kullanılmıştır (Beram, 2024; Berk ve ark., 2024).

### 2.2. İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada bibliyometrik analizler için R programlama dilinde (R Core Team, 2021) "bibliometrix" paketi ile çalışan Biblioshiny web tabanlı ara yüzü kullanılmıştır (Aria ve Cuccurullo, 2017). R üzerinden web arayüzüne bağlanarak analizleri gerçekleştirmek için öncelikle bibliyometrik analiz için gerekli paket sırasıyla şu komutlar kullanılarak kuruldu:

```
install.packages("devtools")
```

```
devtools::install_github (massimoaria/bibliometrix)
```

Daha sonra paketin kütüphanesi “library(bibliometrix)” komutu ile aktif hale getirildi. Son olarak biblioshiny (maxUploadSize = 500) kodu kullanılarak veri tabanına erişildi. Çalışmada WOSCC veri tabanından indirilen dosyanın boyutu paketin standart olarak belirlenen 200 mb dosya yükleme üst sınırını aştığından veri tabanına yüklenebilecek WOSCC metin dosyası boyutunun üst sınırını artırmak için “maxUploadSize = 500” parametresi kullanıldı. Biblioshiny veri tabanı içerisinde dosya türü olarak WOS seçilerek hazırlanan metin dosyası programa aktarılmıştır. Daha sonra temel istatistikler, dergiler, anahtar kelimeler, yazarlar, kurumlar, ülkeler ve çalışmalar için analizler yapılmıştır. Makale boyunca kavramsal bir karmaşaya neden olmaması için bazı kavramlar hem metin içerisinde hem de görsellerde doğrudan veri tabanında geçtiği şekilde İngilizce karşılıkları ile sunulmuştur.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada WOSCC veri tabanından taranan kelimeler ve filtrelemeler sonucu elde edilen çalışma sayıları Şekil 1’de sunulmuştur.

<b>Tanımlama</b>	<p><b>1980-2023 Yılları İçin Tespit Edilen Çalışma Sayısı</b> <b>34008</b></p> <p><b>Taranan Kelimeler</b> ecological modeling (ekolojik modelleme), geographic distribution modeling (coğrafi dağılım modellemesi), habitat distribution modeling (habitat dağılım modellemesi), habitat modeling (habitat modellemesi), habitat suitability modeling (habitat uygunluk modellemesi), niche modeling (niş modellemesi), potential distribution modeling (potansiyel dağılım modellemesi), sdm (tdm), species distribution modeling (tür dağılım modellemesi)</p>
<b>Eleme</b>	<p><b>Doküman Tipi</b> (Filtrelenen Doküman Tipleri: Makale, derleme makale, konferans bildirisi) <b>32753</b></p> <p><b>Araştırma Alanı:</b> (Filtrelenen araştırma alanları: Environmental Sciences (Çevre Bilimleri), Biodiversity Conservation (Biyçeşitliliğin Korunması), Marine Freshwater (Deniz ve Tatlısu), Physical Geography (Fiziki Coğrafya), Evolutionary Biology (Evrimsel Biyoloji), Plant Sciences or Entomology (Bitki Bilimleri veya Entomoloji), Engineering (Mühendislik), Zoology (Zooloji), Forestry (Ormancılık), Life Sciences (Yaşam Bilimleri), Biomedicine (Biyomedikal), Water Resources (Su Kaynakları), Geology (Jeoloji), Ecology (Ekoloji), Biology (Biyoloji), Paleontology (Paleontoloji), Geography (Coğrafya), Remote Sensing (Uzaktan Algılama)) <b>24723</b></p> <p><b>Dil</b> (Filtrelenen dil: İngilizce) <b>24481</b></p>

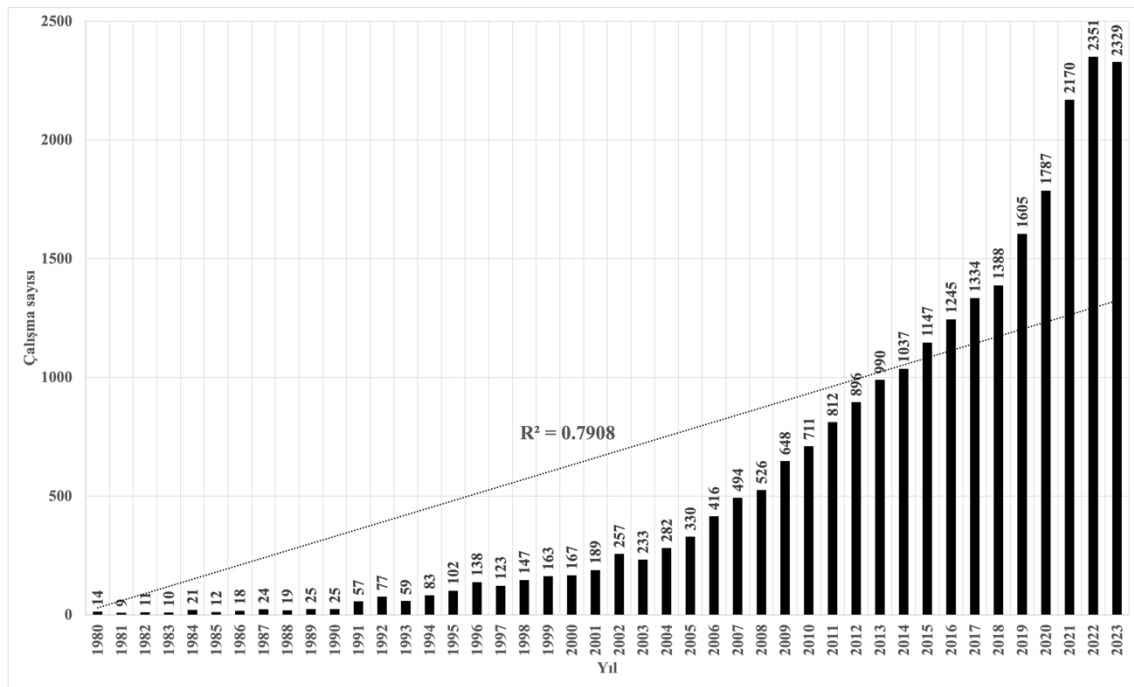
**Şekil 1.** Bibliyometrik analiz için çalışmaları taramak ve filtrelemek amacıyla kullanılan PRISMA akış diyagramı.

Yapılan tarama neticesinde ilk olarak 34008 adet çalışma tespit edilmiştir. Daha sonra ilk olarak doküman tipine göre filtreleme yapılmıştır. Sadece makale (Article), derleme makale (Review article) ve konferans bildirileri (Proceeding paper) seçilmiştir. Bu filtreleme neticesinde çalışma sayısı 32753’e düşmüştür. Ardından farklı alanlarda yapılan “sdm” gibi farklı anlama gelebilecek çalışmaların ayıklanabilmesi için araştırma alanları seçilmiştir ve

çalışma sayısı 24723'e düşmüştür. Diğer bir ifade ile “sdm” kelimesi “tür dağılım modellemesinin” İngilizce karşılığı olan “species distribution modeling” ifadesinin kısaltmasıdır. Ancak farklı disiplinlerde farklı konularda geçen ifadelerin kısaltması şeklinde de kullanılabilir. Bu nedenle bahsi geçtiği şekilde araştırma alanlarının seçilerek karşılaşılabilecek hataların önüne geçilmiştir. Son olarak ise dil olarak İngilizce seçilmiş ve geriye kalan 24481 çalışma verisi indirilmiştir.

Tüm çalışmalar incelendiğinde çalışmaların kitap ve dergi olarak toplamda 2795 kaynakta yayımlandığı görülmüştür. Tespit edilen 24481 çalışmanın 1535 tanesi tek yazarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Tüm çalışmalardaki yazar sayısı ise 63266 iken toplamda 705870 kaynak kullanılmıştır.

Yıllar itibariyle çalışma üretimine bakıldığında üretilen çalışma sayısı bakımından doğrusal bir artışın olduğu ve yıllara göre bu artışlar arasındaki  $R^2$  değerinin 0.79 olduğu görülmüştür (Şekil 2).



**Şekil 2.** Yıllar itibariyle yayımlanan çalışma sayıları.

Şekil 2 incelendiğinde 2023 yılına kadar gözle görülür bir artış olduğu görülmektedir. Bazı yıllarda dalgalanmaların olduğu diğer bir ifade ile bir önceki yıl ile bir sonraki yıl arasında artış ve azalmaların olduğu ancak genel trendin artış şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Artan nüfus, sanayileşme ve iklim krizine bağlı olarak doğal ekosistemlerde önemli sayılabilecek tür ve habitat kayıplarının ve/veya değişimlerinin olduğu bilinmektedir

(Ertuğrul ve ark., 2017; Özdemir ve ark., 2020a; Özdemir ve ark., 2020b). Dolayısı ile yıllar itibariyle genel trendin artış şeklinde olması beklenen bir sonuç olmuştur.

Konuya ilişkin çalışma yayınlayan dergilerden en fazla yayın sayısına sahip 20 dergi ismi ve bunların kalite dilimleri ile toplam alıntılanma sayıları Tablo 1’de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Konuya ilişkin olarak en fazla çalışma yayınlayan dergiler.

Dergi	Çalışma sayısı	Toplam alıntılanma sayısı	Kalite çeyreği (Q1-Q4)
ECOLOGICAL MODELLING	1055	20105	Q2
DIVERSITY AND DISTRIBUTIONS	494	11735	Q1
ECOLOGICAL INDICATORS	469	58287	Q1
ECOLOGY AND EVOLUTION	456	25599	Q2
JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY	440	16982	Q1
BIOLOGICAL CONSERVATION	408	38523	Q1
SUSTAINABILITY	373	229213	Q2
ECOLOGICAL APPLICATIONS	339	22067	Q1
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	330	394564	Q1
GLOBAL CHANGE BIOLOGY	281	68820	Q1
ECOGRAPHY	277	16934	Q1
ECOLOGICAL INFORMATICS	268	8069	Q1
ECOLOGY	263	58920	Q1
LANDSCAPE ECOLOGY	258	12576	Q1
JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY	253	25150	Q1
ECOSPHERE	249	12845	Q2
GLOBAL ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY	249	17766	Q1
MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES	230	34544	Q2
METHODS IN ECOLOGY AND EVOLUTION	227	24981	Q1
BIODIVERSITY AND CONSERVATION	210	13592	Q1

Yukarıdaki tablodan görüldüğü üzere en fazla makale yayınlayan ilk 20 derginin tamamının Q1 ve Q2 kalite çeyreğinde yer almaktadır ve liste çoğunlukla ekoloji dergilerden oluşmaktadır.

Tablo 2’de dağılım modellemeleri üzerine en çok çalışma yapan 20 yazarın çalışma sayıları yer almaktadır.

**Tablo 2.** Tür dağılım modellemeleri üzerine en çok çalışma yapan 20 yazar.

Yazar	Çalışma Sayısı	Yazar	Çalışma Sayısı
GUIAN, A.	134	WANG, J.	59
PETERSON, A.T.	130	OVASKAINEN, O.	53
THUILLER, W.	101	ELITH, J.	53
ZHANG, Y.	84	GOETHALS, P.L.M.	53
WANG, Y.	80	ZHANG, L.	53
LIU, Y.	80	CHEN, Y.	51
LI, Y.	78	LOBO, J.M.	51
RÖDDER, D.	69	SVENNING, J.C.	50
ZHANG, J.	66	WANG, L.	50
ZIMMERMANN, N.E.	66	ARAÚJO, MB	48

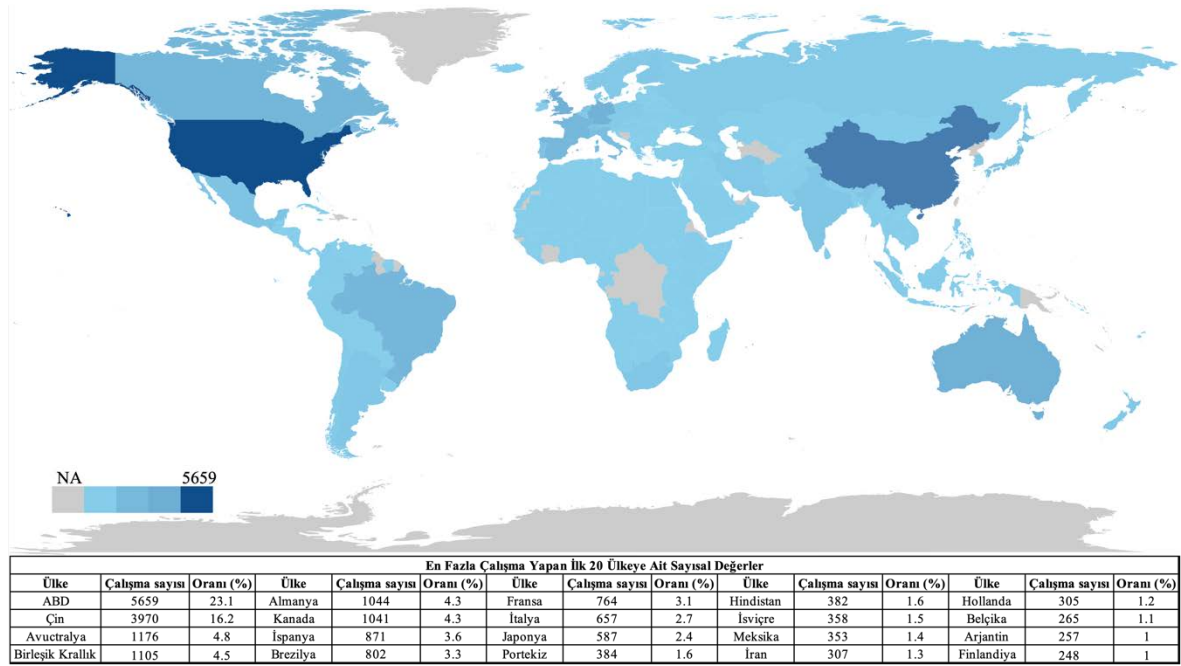
İlk 20 yazarın 1980-2023 yılları arasında toplamda 1409 çalışma yaptığı tespit edilmiştir. Bu değer toplam çalışma sayısının % 5,76'sına karşılık gelmektedir. Bu yazarların özellikle iklim senaryoları altından türlerin dağılımları üzerine yapılmış önemli çalışmalar ortaya koydukları görülmüştür (Guisan ve Zimmermann, 2000; Peterson ve ark., 2002; Thuiller, 2004; Engler ve Guisan, 2009; Keith ve ark., 2014; Chala ve ark., 2019).

Tür dağılım modellemeleri üzerine birçok ülkede farklı kurumlarda araştırmalar yapılmıştır. En çok araştırma yapan 20 kuruma bakıldığında ABD ve Fransa'nın başı çektiği, bu ülkeleri de sırasıyla Çin, İspanya, Meksika, İsviçre, Almanya, Avustralya ve Portekiz'in takip ettiği tespit edilmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3.** En çok araştırma yapan 20 kurum ve bağlı buldukları ülkeler.

Ülke	Çalışmayı yapan araştırmacının bağlı olduğu kurum	Çalışma sayısı
Çin	CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	1514
Fransa	CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS)	1303
ABD	UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR	1226
ABD	UNIVERSITY OF CALIFORNIA SYSTEM	1038
ABD	UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY	891
ABD	UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA)	801
İspanya	CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS (CSIC)	741
ABD	UNITED STATES FOREST SERVICE	605
ABD	STATE UNIVERSITY SYSTEM OF FLORIDA	580
ABD	NATIONAL OCEANIC ATMOSPHERIC ADMIN (NOAA) - USA	565
Fransa	INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT (IRD)	537
Fransa	INRAE	530
Meksika	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	462
İsviçre	SWISS FEDERAL INSTITUTES OF TECHNOLOGY DOMAIN	459
Almanya	HELMHOLTZ ASSOCIATION	451
Avustralya	COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION (CSIRO)	435
Fransa	CNRS - INSTITUTE OF ECOLOGY AND ENVIRONMENT (INEE)	407
Fransa	UNIVERSITE DE MONTPELLIER	384
Portekiz	UNIVERSIDADE DO PORTO	387
ABD	UNIVERSITY OF FLORIDA	381

Tür dağılım modellemeleri üzerine gerçekleştirilen çalışmaların sorumlu yazarlarının ülkelerine bakıldığında sonuçların kurumların bağlı buldukları ülkeler ile benzer olduğu ancak ufak farklılıkların yer aldığı görülmüştür (Şekil 3).



**Şekil 3.** Sorumlu yazarın ülkesine göre TDM çalışmalarının dağılımı.

Yukarıdaki şekilden anlaşıldığı üzere sorumlu yazara göre en fazla çalışma yapan ülke ABD iken sırasıyla onu Çin, Avustralya, Birleşik krallık ve Almanya gibi ülkeler takip etmektedir. Ancak ABD ve Çin'e çalışma sayısı bakımından en yakın olan ülke Avustralya olmasına karşı aralarında yaklaşık 4 kat fark olduğu dikkat çekmektedir.

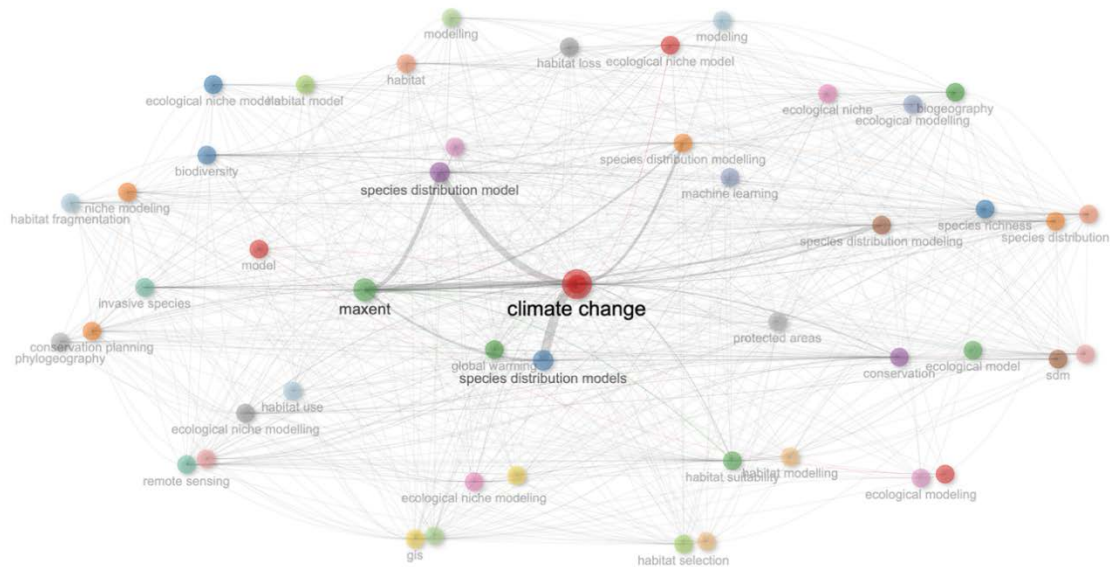
Çalışma alanları üzerinden TDM'lerin nasıl bir trend takip ettiğinin belirlenebilmesi için anahtar kelimeler dikkate alınmış ve analizler gerçekleştirilmiştir. İlk olarak yaygın olarak kullanılan anahtar kelimeler belirlenmiştir. Buna göre belirlenen en yaygın 50 anahtar kelime ve frekansları Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** En yaygın kullanılan 50 anahtar kelime ve frekans değerleri.

Anahtar kelime	Frekans	Anahtar kelime	Frekans
species distribution model (tür dağılım modeli)	2845	dispersal (yayılma)	259
climate change (iklim değişikliği)	2263	biological invasion (biyolojik istila)	257
species distribution modeling (tür dağılım modellemesi)	1735	distribution (dağılım)	250
maxent (maxent)	1446	ecological risk assessment (ekolojik risk değerlendirmesi)	241
ecological niche modeling (ekolojik niş modellemesi)	1033	habitat quality (habitat kalitesi)	234
conservation (koruma)	735	potential distribution (potansiyel dağılım)	233
ecological modeling (ekolojik modelleme)	684	conservation planning (koruma planlama)	230
habitat suitability (habitat uygunluğu)	667	habitat model (habitat modeli)	225
ecological niche model	657	habitat loss	224

(ekolojik niş modeli)		(habitat kaybı)	
modeling (modelleme)	547	ecological niche (ekolojik niş)	218
niche modeling (niş modellemesi)	459	species richness (tür zenginliği)	217
habitat modeling (habitat modellemesi)	441	ecological model (ekolojik model)	215
invasive species (istilacı türler)	440	habitat use (habitat kullanımı)	199
biodiversity (biyoçeşitlilik)	408	model (model)	192
habitat (habitat)	383	competition (rekabet)	189
species distribution (tür dağılımı)	352	machine learning (makine öğrenmesi)	186
sdm (tdm)	347	protected areas (korunan alanlar)	184
ecological footprint (ekolojik ayakizi)	336	global warming (küresel ısınma)	181
habitat selection (habitat seçimi)	325	logistic regression (lojistik regresyon)	181
gis (cbs)	323	maxent model (maxent modeli)	175
remote sensing (uzaktan algılama)	320	ecosystem services (ekosistem servisleri)	173
phylogeography (filocoğrafya)	306	Uncertainty (belirsizlik)	172
habitat fragmentation (habitat parçalanması)	298	random forest (rastgele orman)	170
habitat suitability model (habitat uygunluk modeli)	295	niche (niş)	163
biogeography (biocoğrafya)	266	climate (iklim)	159

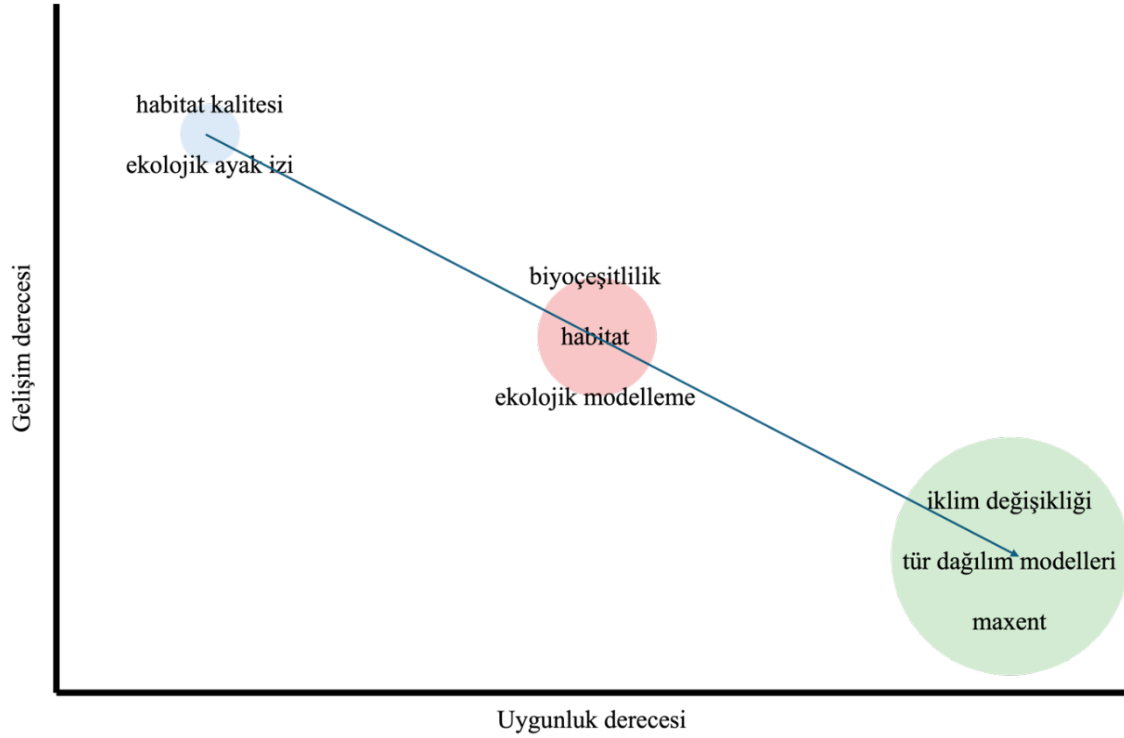
Yaygın anahtar kelimelerin belirlenmesinin ardından anahtar kelimelerin birbirleriyle olan kullanımları belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Anahtar kelimelerin birlikte kullanımlarını gösteren birliktelik ağı.

Yukarıda yer alan birliktelik ağından görüldüğü üzere beklenen şekilde yaygın kelimeler genellikle birlikte kullanılmıştır. Özellikle de “maxent” ve “climate change” anahtar kelimeleri çoğunlukla diğer anahtar kelimeler ile beraber tercih edilmiştir. Makalenin ilerleyen aşamalarında anahtar kelimelerin zaman içerisinde yönelik sunulan bulgular maxent ve climate change anahtar kelimeleri için elde edilen bu sonuçlara da yanıt sunmuştur.

Çalışmaların genel yapısının çerçevesini belirleyebilmek amacıyla benzer şekilde anahtar kelimelerden faydalanılmıştır. Bu amaçla da tematik harita üretilmiştir (Şekil 5).

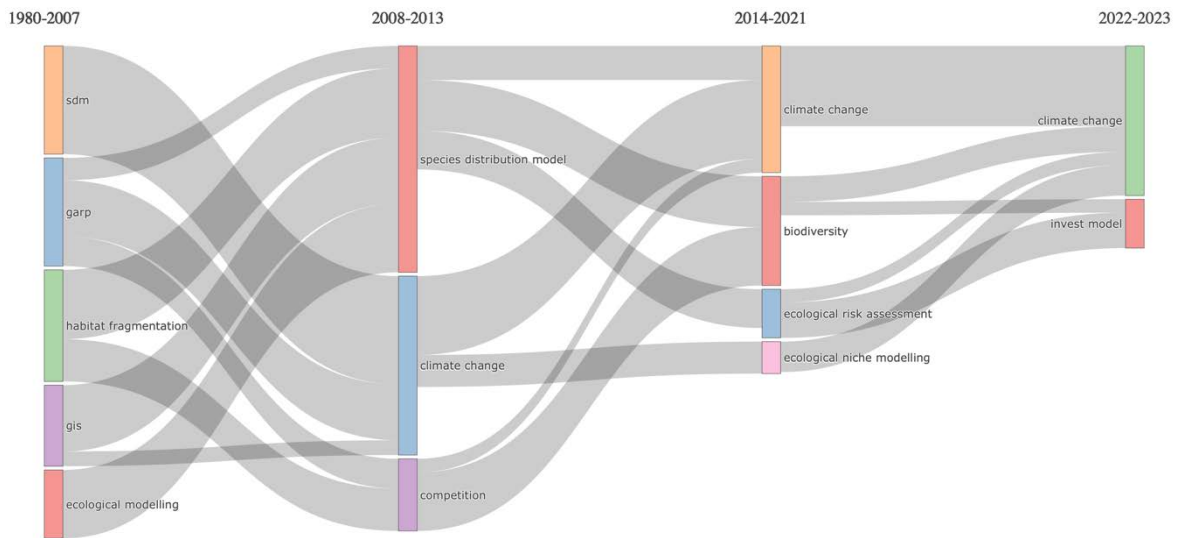


**Şekil 5.** Anahtar kelimelere yönelik tematik harita.

Tematik haritada kümelerin boyutu belge sayısı, alıntı sayısı gibi ölçümlerle belirlenmektedir. Diğer yandan birbirlerine olan yakınlıkları temaların aralarındaki ilişkiler ve görece önemleri hakkında bilgiler vermektedir. Grafikte uygunluk derecesi olarak tanımlanan X eksenini genellikle bir temanın ilgili araştırma alanındaki önemini veya etkisini gösterir. Daha yüksek bir uygunluk derecesi, o temanın alan içinde daha merkezi veya etkili olduğunu göstermektedir. Y eksenini olan gelişim derecesi ise bir temanın olgunluk veya gelişim aşamasını gösterir. Yüksek bir gelişim derecesi, o temanın daha yerleşik olduğunu ve iyi tanımlanmış bir yapı ile geniş bir literatüre sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 5 incelendiğinde mavi ok ile de gösterildiği üzere sol üst çeyrekte sağ alt çeyreğe gittikçe kümelerin boyutu büyümektedir. Dolayısıyla iklim değişikliği, tür dağılım modelleri ve maxent anahtar kelimelerinin yükselen araştırma alanları olduğu anlaşılmaktadır. Diğer



yandan sol üç çeyrekte yer alan anahtar kelimelere göre habitat kalitesi ve ekolojik ayak izi kavramlarının ise iyi gelişmiş ancak alan içinde o kadar merkezi olmayan veya etkili olmayan konuları temsil ettiği anlaşılmaktadır. Grafikte merkezi olarak konumlanan biyolojik çeşitlilik, habitat ve ekolojik modelleme kavramlarının ise TDM çalışmalarının genel trendi içerisinde yaygın olarak ele alınan kavramları temsil ettikleri tespit edilmiştir. TDM çalışmalarının genel trendini ortaya koyan çalışmaların anahtar kelimelere göre nasıl bir evrim geçirdiğini ortaya koyabilmek için eşik olarak farklı yıllar belirlenip anahtar kelimelerin tercih edilme sıklıkları analiz edilmiştir (Şekil 6).



**Şekil 6.** Anahtar kelimelere göre yıllar itibariyle tematik evrim.

Yukarıdaki şekilde 1980-2007, 2008-2013, 2014-2021 ve 2022-2023 aralıklarında anahtar kelimelerin kullanımına göre DM çalışmalarının genel temasının değişimi yer almaktadır. Ayrım noktası seçilen yıllar belirlenirken Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) dördüncü (AR4), beşinci (AR5) ve altıncı (AR6) değerlendirme raporlarını yayınladığı yıllar tercih edilmiştir. IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) değerlendirme raporları, küresel iklim değişikliğinin bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik yönlerini özetleyen ve değerlendiren kapsamlı çalışmalardır. AR4, iklim değişikliğinin kesinliği konusunda güçlü bir bilimsel konsensüs sağlamıştır. Atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarının artışının büyük ölçüde insan faaliyetlerinden kaynaklandığını vurguladı. Yine bu raporda küresel ısınmanın çoğunlukla insan faaliyetlerinden kaynaklandığı %90 kesinlikle belirtilerek, iklim değişikliğinin etkileri ve gelecekteki riskler konusunda geniş bir perspektif sunulmuştur. Ayrıca iklim değişikliği konusunda acil eylem çağrısı yapılmış ve deniz seviyesindeki yükselme, sıcaklık artışları ve ekstrem hava olayları gibi somut etkiler vurgulanmıştır (Solomon ve ark., 2007; Özdemir, 2020a; Özdemir,

2020b). AR5, iklim değişikliğinin daha detaylı ve sofistike modellerle incelendiği bir rapordur. Bu rapor, iklim değişikliğinin bölgesel etkilerini daha derinlemesine ele almıştır. Bu raporda küresel ısınmanın büyük bir kısmının insan faaliyetlerinden kaynaklandığı %95 kesinlikle belirtilmiştir. İklim sisteminin fiziksel bilim temeli, etkileri, uyum ve azaltım stratejileri gibi konularda detaylı analizler sunulurken, ısınmayı 2°C'nin altında tutma hedefi konusundaki tartışmalar güçlenmiştir. Ayrıca, iklim değişikliğinin ekonomi, sağlık ve sosyal yapılar üzerindeki etkilerine de geniş yer verilmiştir (Hajima v ark., 2014; Özdemir, 2020a; Özdemir, 2020b). Son rapor olan AR6, daha güncel bilimsel verileri ve modelleri kullanarak, iklim değişikliğinin mevcut durumunu ve gelecekteki projeksiyonlarını sunmuştur. Rapor, önceki raporlardan daha güçlü bir şekilde insan etkisini ve iklim değişikliğinin acil doğasını vurgulamaktadır. Raporda küresel ısınmanın 1.5°C'nin altında tutulmasının önemine dikkat çekilmiştir. Diğer yandan sera gazı emisyonlarının hızla azaltılmaması durumunda, iklim değişikliğinin daha ciddi ve geri dönülmez etkiler yaratacağı vurgulanmıştır. Ayrıca 1.5°C ve 2°C sınırlarının aşılmasının önlenmesi için gereken politik ve ekonomik değişiklikler, iklim değişikliğine uyum sağlama ve dirençli altyapılar geliştirme konuları daha fazla ön plana çıkarılarak, biyoçeşitlilik kaybı ve sosyal eşitsizliklerle ilişkili riskler ele alınmıştır (Özdemir, 2020a; Özdemir, 2020b; Pirani ve ark., 2024).

Buna göre 2007 öncesi sdm, garp, habitat fragmentation, gis ve ecological modelling anahtar kelimelerinin genel temayı temsil ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Genel temanın 2000-2013 yılları arasında ise species distribution model, climate change ve competition anahtar kelimelerine evrildiği tespit edilmiştir. Bu noktada iklim değişikliği kavramının gündem olması AR4 ile beraber konunun önemini vurgulanmasından kaynaklanmaktadır. Bir sonraki ayırım noktası olan AR5 ile beraber biyolojik çeşitlilik, ekolojik risk değerlendirmesi ve ekolojik niş modellemesi kavramlarının ön plana çıktığı tespit edilmiştir. Son ayırım noktası olan AR6 ile beraber iklim değişikliğinin gündemini koruduğu, bunun yanı sıra InVEST model kavramının popüler olmaya başladığı görülmüştür. InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) modeli, doğal ekosistemlerin sunduğu hizmetlerin (ekosistem hizmetleri) ekonomik, sosyal, ve çevresel değerlerini belirlemek ve analiz etmek için kullanılan bir yazılım aracıdır. Stanford Üniversitesi'ne bağlı Doğal Sermaye Projesi (Natural Capital Project) tarafından geliştirilmiştir (Sharp ve ark., 2016). InVEST modeli, çeşitli ekosistem hizmetlerinin değerlerini hesaplamak için coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve modelleme tekniklerini kullanmaktadır. Bu model, karar vericilerin arazi kullanımını, koruma planlamasını ve sürdürülebilirlik politikalarıyla ilgili daha bilinçli seçimler yapmalarına yardımcı olabilmektedir. InVEST, su kalitesi, karbon depolama, toprak

erozyonu kontrolü, biyolojik çeşitlilik, turizm gibi ekosistem hizmetlerini değerlendirebilen birçok modüle sahiptir. Model, farklı senaryoları karşılaştırarak ekosistem hizmetlerinin nasıl değişeceğini ve bu değişimlerin insan refahı üzerindeki potansiyel etkilerini tahmin etmeye olanak tanır. Bu ise, politika yapıcıların doğal kaynakların korunması ve yönetimi konusunda daha sürdürülebilir kararlar almasına yardımcı olabilmektedir (Sharp ve ark., 2016, Galdino ve ark., 2023).

#### 4. Sonuçlar

Tür dağılım modelleri, türlerin konumu (bolluk, oluşum) verilerine ve tür dağılımlarını sınırlayan çevresel değişkenlerin ölçümlerine dayanan, türlerin çevre ilişkilerinin istatistiksel modelleridir ve mekansal tahminler yapmak için kullanılırlar. TDM'ler geniş bir ölçek aralığında deniz, kara ve tatlı su türleri için geliştirilmiştir. Yayımlanmış yüzlerce TDM çalışması vardır ve sayıları giderek artmaktadır. Yakın zamana kadar bu çalışmalar genellikle modelleme yöntemleri ve model değerlendirmesinin teknik konularını kapsamaktaydı. Bu amaca yönelik olarak üretilmiş yahut farklı amaçlar için üretilip doğa bilimleri içerisinde kendine yer edinmiş çok sayıda TDM yaklaşımı bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar çevresel değerlendirme, tahmin ve makro ekolojideki sorunlara çözüm sunma gibi farklı uygulama alanları sunmaktadır. Diğer yandan TDM'ler biyolojik çeşitliliğin değerlendirilmesi, korunması ve planlaması için de güçlü bir araçtır. TDM'ler ile bir sonuç ortaya koyma süreci veri toplama (bağımlı değişkenin üretilmesi), altlıkların (bağımsız değişkenlerin) elde edilmesi, modelleme ve simülasyon (haritalama) olmak üzere 4 temel aşamadan oluşmaktadır. Bu ana süreçlerin kendi içerisinde hedef türün veya türlerin tespit edilmesi, çevresel sınırlayıcıların belirlenmesi, örneklem büyüklüğünün belirlenmesi, örneklem yanlılığının gözetilmesi, yöntem seçimi, sonuçların istatistiksel ve uzman görüşü açısından değerlendirilmesi gibi birçok alt başlıktan oluşmaktadır. Bu ana ve alt başlıklar modelleme süreçlerinde çeşitli bilinmezlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu bilinmezlere yanıt arama süreci ise farklı TDM yaklaşımlarının geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır. Bu sebepler ile TDM'lerin doğa bilimlerindeki popülaritesinin her geçen gün artacağı, neticede de bu sürecin yeni yöntemlerin geliştirilmesiyle sonuçlanacağı düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- Acarer, A. (2024). Role of Climate Change on Oriental Spruce (*Picea orientalis* L.): Modeling and Mapping. *BioResources*, 19(2), 3845-3856.
- Acarer, A., & Mert, A. (2024). 21st Century Climate Change Threatens on the Brown Bear. *Cerne*, 30, e-103305.
- Aria, M. & Cuccurullo, C. (2017) bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis, *Journal of Informetrics*, 11(4), pp 959-975, Elsevier.
- Beram, A. (2024). Bibliometric Analysis of Academic Studies on Particleboard. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 20(1), 395-412.
- Berk, Ş., Özdemir, S., & Pektaş, A. N. (2024). Visualization of scientific production in *Caenorhabditis elegans*: a bibliometric analysis (1980–2023). *Genomics and Informatics*, 22(1), 1-15.
- Chala, D., Roos, C., Svenning, J. C., & Zinner, D. (2019). Species-specific effects of climate change on the distribution of suitable baboon habitats—Ecological niche modeling of current and Last Glacial Maximum conditions. *Journal of Human Evolution*, 132, 215-226.
- Çıvğa, A. (2023). Sütçüler Kekığı (*Origanum minutiflorum*) Potansiyel Dağılım Modellemesi. *21. Yüzyılda Fen ve Teknik*, 10(19), 1-8.
- Çıvğa, A., Özdemir, S., & Gülsoy, S. (2024). Prediction of potential geographic distribution of *Capparis spinosa*. *Biological Diversity and Conservation*, 17(3), 206-215.
- Darwin, C. (1859). *The origin of species by means of natural selection*. London: Murray. Reedited by E Mayr.
- Engler, R. & Guisan, A. (2009). MigClim: predicting plant distribution and dispersal in a changing climate. *Diversity and distributions*, 15(4), 590-601.
- Ertuğrul, E. T., Mert, A., & Oğurlu, İ. (2017). Burdur Gölü Havzasında bazı yaban hayvanlarının habitat uygunluk haritalaması. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 18(2), 149-154.
- Galdini, S., Silva, R., Zolin, C., Tosto, S., Quartaroli, C., Pereira, L., & Gomes, M. (2023). *InVEST-Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs*.
- Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling*, 135(2-3), 147-186.

- Hajima, T., Kawamiya, M., Watanabe, M., Kato, E., Tachiiri, K., Sugiyama, M., & Ito, A. (2014). Modeling in Earth system science up to and beyond IPCC AR5. *Progress in Earth and Planetary Science*, 1, 1-25.
- Keith, D. A., Elith, J., & Simpson, C. C. (2014). Predicting distribution changes of a mire ecosystem under future climates. *Diversity and Distributions*, 20(4), 440-454.
- Özdemir, S. (2022). 'Batı Akdeniz'de iklim değişimine göre asli orman ağacı türlerinin dağılım modellemesi'. Doktora Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Özdemir, S. (2024). Testing the Effect of Resolution on Species Distribution Models Using Two Invasive Species. *Polish Journal of Environmental Studies*, 33(2), 1325-1335.
- Özdemir, S., Gülsoy, S., & Mert, A. (2020a). Predicting the effect of climate change on the potential distribution of Crimean Juniper. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 20(2), 133-142.
- Özdemir, S., Özkan, K., & Mert, A. (2020b). An ecological perspective on climate change scenarios. *Biological Diversity and Conservation*, 13(3), 361-371.
- Peterson, A. T., Ortega-Huerta, M. A., Bartley, J., Sánchez-Cordero, V., Soberón, J., Buddemeier, R. H., & Stockwell, D. R. (2002). Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature*, 416(6881), 626-629.
- R Core Team (2021). *RA language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, <https://www.R-project.org/>.
- Sharp, R., Tallis, H. T., Ricketts, T., Guerry, A. D., Wood, S. A., Chaplin-Kramer, R., & Douglass, J. (2016). Invest.-Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs. *Project, TNC; University, S.; Minnesota, U. o.*
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K., & Miller, H. (2007). IPCC fourth assessment report (AR4). *Climate change*, 374.
- Spalding, V.M. (1890). The distribution of plants. *The American Naturalist*, 24(285), 819-831.
- Thuiller, W. (2004). Patterns and uncertainties of species' range shifts under climate change. *Global change biology*, 10(12), 2020-2027.
- Valavi, R., Elith, J., Lahoz-Monfort, J. J., & Guillera-Arroita, G. (2021). Modelling species presence-only data with random forests. *Ecography*, 44(12), 1731-1742.
- Von Humboldt, A. (1814) *Essay on the geography of plants*. Chicago: Foundations of biogeography: classic papers with commentaries. University of Chicago Press.

- Zaniewski, A. E., Lehmann, A., & Overton, J. M. (2002). Predicting species spatial distributions using presence-only data: a case study of native New Zealand ferns. *Ecological modelling*, 157(2-3), 261-280.
- Zenbilci, M., Özdemir, S., Çıvğa, A., Ünal, Y., & Oğurlu, İ. (2024). Habitat suitability modeling of wild goat (*Capra aegagrus* Erxleben, 1777) in different periods. *Şumarski list*, 148(5-6), 273-284.

## V-Şekilli Mikro Havzaların Dar Yapraklı Dişbudak Fidanlarının Ağaçlandırma Başarısına Etkisi\*

### The Effect of V-Shaped Microcatchments on Afforestation Success of Narrow-leaved Ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) Seedlings

 Yasin KARAŞIN<sup>1</sup>,  Bülent TOPRAK<sup>2</sup>,  Muhammed Ali AYDIN<sup>3</sup>,  Derya EŞEN<sup>4</sup>,  Mehmet Ali ÜNLÜ<sup>5</sup>

#### Özet

İklim değişikliği ile birlikte Akdeniz havzasında var olan stres faktörleri daha da şiddetlenmektedir. Yapraklı türlere ait fidanların büyümesi ve gelişmesinde şu anda bile sorun yaşanan sahalarda ağaçlandırma başarısı giderek imkânsız hale gelmektedir. Çalışmanın amacı yapraklı tür ağaçlandırmasında başarısız olunan sahalarda su hasadı olarak kullanılan V-şekilli mikrohavzaların etkilerini ortaya koymaktır.

Çalışma, İzmir Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Karaburun, Ödemiş ve Yuntdağı olmak üzere 3 farklı blokta yürütülmüştür. Bloklarda oluşturulan V-şekilli mikrohavzalara 1- Mikoriza, 2- Polimer, 3- Osmoprotektan, 4- Polimer + Osmoprotektan şeklinde 4 farklı işlem uygulanmıştır. Ayrıca V-şekilli mikrohavza ve mevcut ağaçlandırma tekniği olarak kullanılan teraslarda birer adet kontrol ünitesi de oluşturulmuştur. Sahalara 2022 yılı şubat ayında dar yapraklı dişbudak fidanları (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) dikilmiştir. İlk büyüme dönemi sonunda ağaçlandırma başarısı belirlenmiş; fidanların kök boğazı çapları ve boyları ölçülmüş ve toprak nemi belirlenmiştir.

İlk büyüme dönemi sonunda işlemler arası fark olmaksızın ağaçlandırma başarısı ortalama %63 olarak belirlenmiştir. Ancak, ileriki yıllarda bu sonuçların değişmesi ve ağaçlandırma başarısı bakımından anlamlı farklılıkların oluşması muhtemeldir. Mikrohavzalardaki fidanlar teraslardakilere göre kök boğazı çapı ve boyu bakımından üstünlük kurmuşlardır.

**Anahtar Kelimeler:** Su hasadı, İklim akıllı ormancılık, *Fraxinus angustifolia*

#### Abstract

With climate change, the stress factors in the Mediterranean basin are becoming more severe. In areas where there are currently problems in the growth and development of seedlings of leafy species, afforestation success is becoming increasingly impossible. The aim of the study is to reveal the effects of V-shaped microcatchments used as water harvesting in areas where leafy species afforestation is unsuccessful. The study was carried out in 3 different blocks, namely Karaburun, Ödemiş and Yuntdağı in İzmir Regional Forest Directorate. Four different treatments were applied to the V-shaped microcatchments created in the blocks as 1- Mycorrhiza, 2- Polymer, 3- Osmoprotectant, 4- Polymer + Osmoprotectant. In addition, a control unit was established for the V-shaped microcatchments and the terraces used as the current afforestation technique. Narrow-leaved ash seedlings (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) were planted in February 2022. At the end of the first growth period, afforestation success was determined; root collar diameters and heights of the seedlings were measured and soil moisture was determined. At the end of the first growth period, afforestation success was determined as 63% on average, without any difference between treatments. However, it is possible that these results will change in the following years and significant differences will occur in terms of afforestation success. The seedlings in the microcatchments were superior to those in the terraces in terms of root collar diameter and heights.

**Keywords:** Rainwater harvesting, Climate-smart forestry, *Fraxinus angustifolia*

Geliş Tarihi: 04.10.2024, Düzeltme Tarihi: 04.12.2024, Kabul Tarihi: 08.12.2024

Adres<sup>1</sup>: Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü

E-mail: yasin.karasin@ikc.edu.tr

\*Bu çalışma, Kâtip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "V-Şekilli Mikro Havzalarda Suyun Etkin Kullanımıyla İklim Değişikliğine Karşı Ekosistem Rehabilitasyonu" isimli doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

## 1. Giriş

Türkiye'nin yaklaşık %37'sinde yarı kurak iklim koşulları hâkim olmakta; kurak ve yarı kurak alanlarının (KYK) miktarı ise 51 milyon ha bulmaktadır. Türkiye'nin geçmişte yaşadığı kuraklık durumunun, gelecekte küresel iklim değişikliğinin etkisi altında sıklığının, şiddetinin ve etkilediği alanların artışı şeklinde ortaya çıkacağı öngörülmektedir (Anonim, 2014). İklim değişikliği senaryolarının gerçekleşmesi halinde insanlığı etkileyecek en tehlikeli afetlerden olan kuraklığın yanında orman yangınları, erozyon ve çölleşme gibi ekolojik olarak meydana gelecek olağan üstü durumlara karşı olağan müdahalelerle çözüm üretilememektedir. Normal şartlar altında dahi az gelişmiş toprakların düşük su depolama kapasiteleri sebebiyle ağaçlandırmalar başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. Bu sahalarda yağışın azalması ile oluşan su açığının rüzgârlarla birlikte artması sonucunda geleneksel yöntemlerle ağaçlandırmalarda başarı sağlanma durumu söz konusu olmayacaktır. Bahse konu özelliklere sahip alanlarda geleneksel yöntemlerin haricinde alternatif yöntemlerin kullanılarak başarıyı sağlayacak uygulamaların ortaya konulması gerekmektedir.

KYK alanlarda yapraklı tür oranının yükseltilmesi bu ekosistemlerden elde edilen ekosistem hizmetlerinin artırılmasının yanı sıra iklim değişikliğine uyumu da kolaylaştıracaktır. Ayrıca, yapraklı türlerin artırılması ile başta son dönemlerde ön plana çıkan orman yangınları olmak üzere devrik ve böcek istilası gibi zararların da azaltılması mümkündür. Ayrıca asli orman ağaçlarını kapsayan saf meşcerelerden ziyade, farklı türlerin bir arada yetiştiği ve biyolojik çeşitliliğin arttırıldığı ormancılık uygulamalarının yapılması, ormanları karşılaşılabilecekleri olumsuzluklara karşı daha dirençli bir hale getirecektir (Küçükosmanoğlu, 1990; Dedrick ve ark., 2007; Moreira ve ark., 2011; Deligöz ve Gencer 2021).

KYK alanlarda yapılan ağaçlandırmalarda, ekim ve dikimle sahaya getirilen fidanların ilk yıllardaki yaşama yüzdesini ve büyümesini artırmak için ek sulama gereksinimi yapılması gerekmektedir. Bu suyun nasıl ve nereden sağlanacağı ağaçlandırmalarda konu edilen en önemli sorunlardan birisini oluşturur. Gerekli olan bu su, çoğunlukla araçlarla taşınan tanklardan, rezervuarlardan, damlama gibi çeşitli sulama sistemlerinden sağlanmaktadır. Alternatif su kaynaklarının çok uzak ve erişimin pahalı olduğu durumlarda "Yağmur (Su) Hasadı" (SH) sistemi ağaçlandırma çalışmaları için çok daha ucuz bir su kaynağı sunmaktadır (Critchley ve ark., 1991; Prinz, 2001).

Su hasadı, yağmur suyunun gelecekte etkin kullanımı için toplanma ve depolanma tekniğidir. Suyun kök bölgesine iletimi ve depolanmasının sağlanması için tasarlanmış



eğimli ve setli olarak şekillendirilmiş alan ise mikro havza olarak nitelendirilmektedir. Mikro havzalarda depolanan su daha uzun süre bitkiler için kullanılabilir durumda kalmakta ve buharlaşmaya karşı korunmaktadır (Anser ve ark., 2014). Yağış sularının tutularak hasat edilmesi sayesinde mikro havzalarda bulunan fidanların tutma başarılarında ve büyümelerinde olumlu etkiler meydana gelmektedir (Critchley ve ark., 1991; Azigwe ve ark., 2016; Lancaster, 2019). Ayrıca eğimli alanlarda toprakların korunmasında da büyük bir önem taşımaktadır. SH sistemlerini kullanarak ve sahaya inşa edilecek mikro havzalar, kontur çukurları, kontur hendekleri ve oyuklar vasıtasıyla düşen yağışın yakalanması ve yoğunlaştırılması mümkündür (FAO, 1989; Critchley ve ark., 1991; Lancaster, 2019). Yağışlı dönemlerde yağış hasadı tesisleriyle elde edilecek suyun dikilen fidanların tutmasında ve büyümesinde önemli faydaları olduğu bilinmektedir (Critchley ve ark., 1991; Azigwe ve ark., 2016; Lancaster, 2019).

Ülkemizdeki KYK alanlar düşük yağış, yüksek sıcaklıklar ve buharlaşma oranları, sığ ve taşlı topraklar, düşük organik madde, erozyon tehlikesi ve toprak sıkışıklığı gibi çevresel kısıtlardan dolayı oldukça kırılgan bir yapıya sahiptir (Çalışkan ve Boydak, 2017). Ağaçlandırma, bu tür sahalarda mevcut kuraklık stresinin kırılganlığının azaltılmasında ve sahaların restorasyonunda büyük rol oynamaktadır (Boydak ve Çalışkan 2014; Cortina ve ark., 2011). Nitekim bu ağaçlandırmalar, biyolojik çeşitliliğe hizmet eden habitat, erozyon ve çölleşmenin önlenmesi ve su, mikro iklim ve toprak verimliliğinin düzenlenmesi gibi hayati çevresel hizmetler sunmasının yanında ekonomik ürünlerde üreterek bu alanlarda mevcut çevresel, sosyal ve ekonomik olumsuzlukların azaltılmasına yardımcı olur (FAO, 1989; Boydak ve Çalışkan, 2017; FAO, 2019). Ayrıca, ağaçlandırmalar ile bu tür alanlarda karbon bağlama ve iklim değişikliği etkilerinin azaltılmasına da önemli katkı sağlanmaktadır (Boydak ve Çalışkan, 2017).

İklim değişikliği ve küresel ısınmanın lokal bazda etkileri düşünüldüğünde bu değişimlerden en çok etkilenecek olan bölgelerden birinin de Akdeniz Havzası olduğu görülmektedir. Ormanlar ekolojik özellikleri ve ekosistem fonksiyonları bakımından iklim değişikliğine karşı mücadele, adaptasyon ve direnç artırma konusunda elimizdeki en önemli unsurlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bu anlayışla son yıllarda gelişen “İklim Akıllı Ormancılık” uygulamaları kapsamında iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya daha iyi uyum sağlayabilmek ve en az zararlı ekosistemin sürekliliğini sağlayacak direnç artırıcı ormancılık uygulamaları giderek önem kazanmaktadır (Tognetti ve ark., 2021). Bu kapsamda iklim değişikliğine karşı direnci artırmak için yapraklı türler ile yapraklı + ibrelili türler kullanarak ağaçlandırma çalışmaları yapılması giderek önem kazanmaktadır. Yapraklı

türlerden hem ülkemizde geniş yayılışa sahip hem de hızlı büyüme yeteneği ve kuraklığa karşı dayanıklı olan dar yapraklı dişbudak bu türlerden biridir (Çiçek ve Yılmaz, 2002; Mutlu, 2015). İç Anadolu step iklimine sahip farklı alanlarda dar yapraklı dişbudak türü ağaçlandırma çalışmalarında denenmiş ve bu sahalarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Mutlu, 2015).

Dolayısıyla bu çalışmada kuraklığa dayanıklı dar yapraklı dişbudak türü kullanılmış ve büyüme döneminde şiddetli su açığı gerçekleşen ve yapraklı tür ağaçlandırmalarında başarısız olunan sahalarda yağmur suyu hasadı yöntemi ile en yüksek tutma başarısı ve en iyi büyümeyi sağlamak hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1 Çalışma Alanı

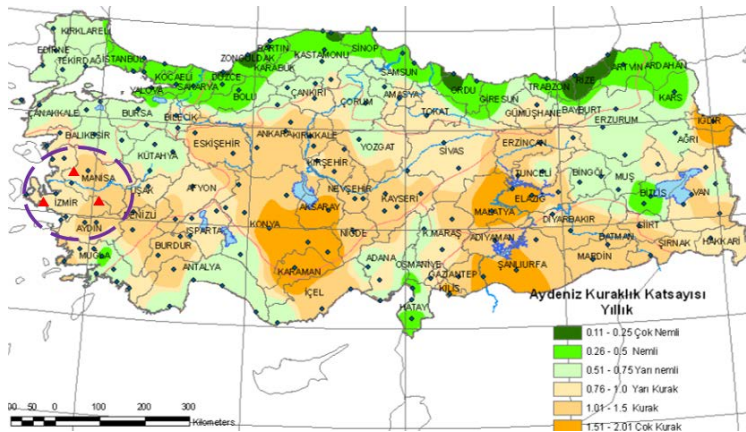
Araştırmayı gerçekleştirebilmek için Türkiye Akdeniz Havzasında İzmir Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan İzmir-Ödemiş, Manisa-Yunt dağı ve İzmir-Karaburun'da olmak üzere üç adet deneme sahası seçilmiştir (Şekil 1). Sahaların bulunduğu bölgelerde mikro klima oluşmakta ve makro klimadan farklı özellikler taşıyabilmektedir. Bu bakımdan sadece yıllık yağış miktarı sahalardaki su stresi açısından yanlış bir kanı oluşmasına sebebiyet verebilmektedir. Sahalarda yaz aylarında yetersiz olan yağış miktarı ile rüzgâr ve yüksek sıcaklık sebebiyle oluşan buharlaşma bitkinin rizosferinde şiddetli su kıtlığına sebep olmakta ve su stresinden dolayı yapraklı tür ağaçlandırmaları başarısızlıkla sonuçlanmaktadır.

**Şekil 1.** Deneme sahalarının konumları (▲).

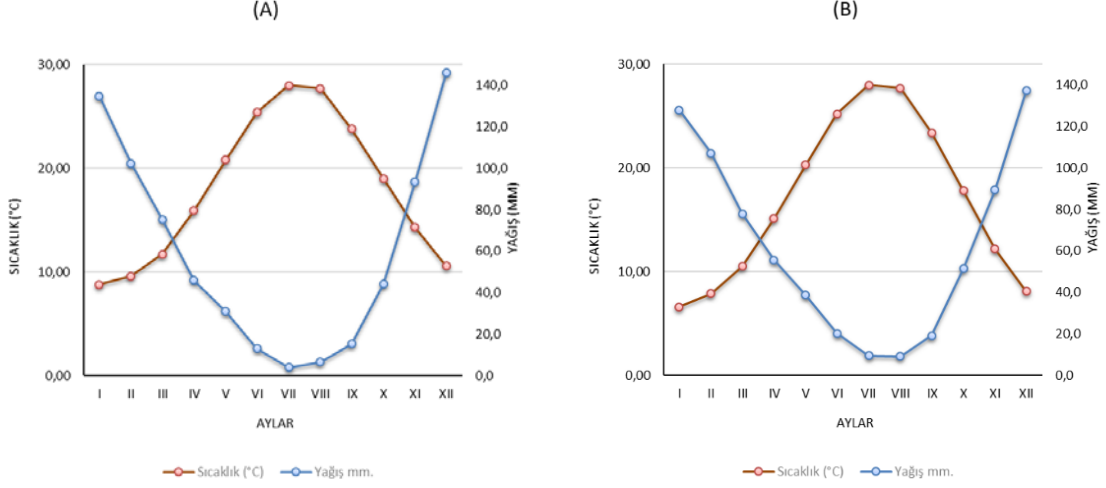
**Tablo 1.** Deneme sahalarına ait bilgiler.

Deneme sahası	Koordinat	Yükselti (m)	Bakı	Eğim (%)	Toprak			
					Tekstür	pH	OC	ECx10 <sup>-3</sup>
		(%)	(mS/cm)					
İzmir - Karaburun	38°25'0.40"K 26°31'14.19"D	130	Kuzey	9	Killi balçık	8,11	1,52	0,03
İzmir-Ödemiş	38°10'16.80"K 28°7'33.29"D	200	Batı	21	Kumlu killi balçık	6,38	0,25	0,027
Manisa - Yuntdağı	38°50'52.68"K 27°24'30.64"D	650	Doğu	6	Killi balçık	6,67	1,48	0,048

Sahalarının bulunduğu İzmir ve Manisa bölgesinde yılın yedi ayında yaz, beş ayında ise kış koşullarının olduğu Akdeniz iklim koşulları hüküm sürmektedir (Atalay, 2014). Aydeniz iklim sınıflandırmasına (1981-2016) göre Yunt dağı ve Karaburun sahaları yarı kurak, Ödemiş sahası ise kurak olarak belirtilmektedir (Anonim, 2016). Cebeci ve ark., (2019) Türkiye'nin 81 ilindeki meteoroloji istasyonlarından ortalama aylık toplam yağış miktarları ve aylık ortalama sıcaklık verilerini elde ederek Bagnouls-Gausson kuraklık indislerini hesaplamış ve il bazında kuraklık durumunu ortaya koymuşlardır. Çalışmadaki 1981-2016 yıllarını kapsayan Bagnouls-Gausson kuraklık indislerine göre deneme sahalarının yer aldığı İzmir ve Manisa çok kurak olarak sınıflandırılmıştır.

**Şekil 2.** Aydeniz Kuraklık Katsayısına göre oluşturulan haritada sahaların (▲) konumları (Anonim, 2016).

Deneme sahalarına ait iklimin Copernicus/ ECMWF- ERA5 (Hersbach ve ark., 2020) verileri incelendiğinde yıllık yağış rejiminin düzensizleştiği ve hem yağış hem de sıcaklık anomalilerinin arttığı gözlemlenmektedir. Sahaların bulunduğu İzmir ve Manisa'ya ait (1938-2023) verilere göre çizilen Walter iklim diyagramlarında Nisan ayından Ekim ayının ortalarına kadar bölgede su açığı olduğunu göstermektedir (Şekil 3).



**Şekil 3.** Walter yöntemine göre iklim diyagramı İzmir (A) ve Manisa (B).

Deneme sahalarının bulunduğu İzmir ve Manisa illerinin (1930-2023) yıllık ortalama sıcaklığı 18 °C ve 16.9 °C yıllık ortalama yağış miktarı 712.1 mm ve 743.6 mm'dir. Bölgede yağışların çoğunun vejetasyon dönemi dışında gerçekleştiği görülmektedir. İzmir ve Manisa illerinin çalışmanın yapıldığı yılda (2022) yıllık ortalama sıcaklığı 17°C ve 16.7 °C yıllık ortalama yağış miktarı 417.8 mm ve 362.7 mm'dir. Deneme sahalarında çalışmanın yapıldığı yılda yağış miktarının azaldığı buna bağlı olarak çalışmanın yapıldığı dönemin daha kurak geçtiği görülmektedir (MGM, 2024).

## 2.2. Bitki Türü

Çalışmada kuraklığa dayanıklı olan TTS-742 (Balıkesir fidanlık) orijinli dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) türü denenmiştir (Anonim, 2012; Çiçek ve ark., 2007). Dişbudak fidanları 3+0 tüplü olarak dikilmiştir. Çalışmanın başlangıcında üniteler arası fark olmaksızın sahalara dikilen fidanların yaklaşık olarak boyu 131 cm, kök boğazı çapı ise 13 mm olarak ölçülmüştür. Fidanların tüp hacmi 1.3 litredir. Tüp içeriği %60 toprak, %20 torf, %10 cüruf ve %10 leonarditten oluşmaktadır. Dikimler 2022 yılı şubat ayında yapılmıştır. Dişbudak cinsi, bünyesinde ekolojik ve silvikültürel nitelikleri farklı birçok türü barındırmaktadır. Dar yapraklı dişbudak geniş bir ekolojik pencereye sahip olup nemli ekosistemlerden kurak ekosistemlere kadar geniş bir yetişme ortamı yelpazesine sahiptir. Dikilen dişbudak türü ileride iklim değişikliği sebebiyle gerçekleşen yetişme ortamı şartlarındaki değişikliklere uyum sağlama konusunda diğer türler ile karşılaştırma yapılabilmesine imkân sağlaması açısından da önem taşımaktadır.

## 2.3. İşlemler

### 2.3.1. Mikorizal karışım

Çalışmada kullanılan ticari mikorizal karışım (RhizoMyx®[Novozymes]) arbusküler mikorizal mantarlar ile kök ve mantar gelişimini teşvik edici bileşenleri içermektedir (Tablo 2 ve 3). Mikorizal işlem uygulanacak ünitelerde dikilen her fidana dikim zamanında 500 ml suya bir gram mikorizal karışım konarak oluşturulan çözelti verilmiştir.

**Tablo 2.** Mikorizal karışımın spor içeriği.

Mikorizalar %23,5	
Arbusküler mikoriza	Miktar (propagule g <sup>-1</sup> )
<i>Glomus intraradices</i>	21
<i>Glomus mosseae</i>	20
<i>Glomus aggregatum</i>	20
<i>Glomus clarum</i>	1
<i>Glomus</i>	1
<i>Glomus deserticola</i>	1
<i>Glomus brasilianum</i>	1
<i>Glomus etunicatum</i>	1
<i>Gigaspora</i>	1

**Tablo 3.** Mikorizal karışımın diğer bileşenleri.

Diğer Bileşenler	Oran (%)
Humik asitler	28,7
Soğuk su esmer su yosunu ekstraktları	18
Askorbik asit (Vitamin C)	2
Amino asitler	6
Myo-inositol	2,5
Surfactant	2,5
Tiamin (Vitamin B <sub>1</sub> )	1,75
Aplha-tocopherol (vitamin E)	1

### 2.3.2. Osmoprotektan

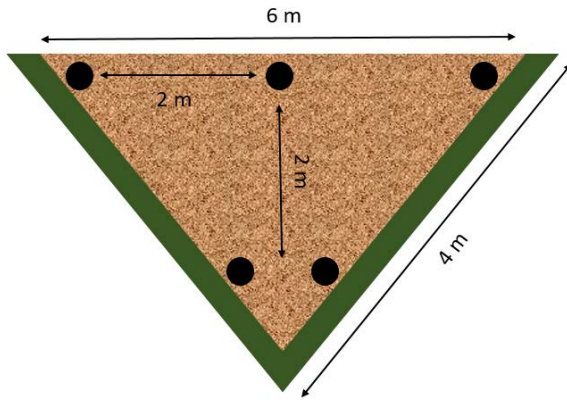
Osmoprotektan etkisinin tespit edilmesi için osmotik koruyucu olarak glisin betain etken maddeli “Greenstim” adlı ürün kullanılmıştır. Çalışmada %0,5’lik glisin betain uygulaması vejetasyon döneminde Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında bir kez olmak üzere yılda toplam 4 kez sırt pulverizatörü ile yapraktan uygulanmaktadır.

### 2.3.3. Polimer

Çalışmada, bileşiminde saman bulunan, hacminin 200-300 katı su ile birlikte besini de tutabilen ve bitkinin ihtiyacı olduğu kadarını köklere verebilen, Bozok Teknopark çatısı altında yürütülen Ar-Ge çalışmaları sonucunda samanın modifikasyonu ve akrilik polimerizasyonu ile hazırlanmış yerli malı olan samanlı süper absorban polimer (Natural Aquatic®) fidan başına 50 g uygulanmıştır.

### 2.4. Deneme Deseni ve Ölçümler

Denemede üç tekrarlı tamamen rastgele blok deseni kullanılmıştır. Çalışmada kullanılacak üç blok yukarıda özellikleri açıklanan ve vejetasyon devresinde farklı miktarlarda su açığı bulunan sahalarda belirlenmiştir. Sahalarda diri örtü temizliği gerçekleştirildikten sonra uçları eşyükselti eğrilerine paralel olan V-şekilli mikro havzalar oluşturulmuştur. Her V-şekilli mikro havza kenar uzunlukları 4 m, ağız açıklıkları 6 m, köşe noktasından itibaren ~3 m yükseklikte ve ~8 m<sup>2</sup> alana sahip üçgen formundadır. VOLVO EC140D model ekskavatörle üçgen alanı içerisindeki yaklaşık ilk ~40 cm'indeki toprak, tekrar aynı yere serilmek üzere toplandıktan sonra ~1 m derinliğinde alt toprak işleme yapılmıştır. Mümkün mertebe alttaki taşlı materyalden alınanlarla yükseklikleri ~30 cm, taban alanı ~70 cm olan setler oluşturulmuştur. Önceden toplanmış olan ilk ~40 cm derinliğindeki üst toprak geri serilerek V-şekilli mikro havzalar tamamlanmıştır. Mikro havzaların iç kısmı yüzeyden ~30 cm aşağıda konumlandırılmıştır (Şekil 4).



**Şekil 4.** V-şekilli mikro havzadaki fidanların konumu.

Her blokta oluşturulan V-şekilli mikro havzalarda 1-Mikoriza (M), 2- Polimer (P), 3- Osmoprotektan (Op), 4-Polimer+Osmoprotektan (PO) şeklinde dört farklı işlem uygulanmıştır. İşlemlerin etkisinin ortaya konulabilmesi için her sahada V-şekilli mikro havzalar uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış birer adet kontrol ünitesi (KV)

oluşturulmuştur. Ayrıca çalışmanın yapılacağı sahalarda uygulanan mevcut ağaçlandırma tekniği kapsamında ekskavatorle (VOLVO EC140D) ~70 cm genişliğinde oluşturulan buror tipi teraslara dikim yapılarak birer adet kontrol ünitesi (KA) daha ayrılmıştır (Tablo 4). Üniteler arasında beşer metre tampon bölge bırakılmıştır.

**Tablo 4.** Her bir blokta bulunan deneme üniteleri.

Tür	Deneme Üniteleri					
Dişbudak	M	P	O	P+O	K-V	K-A

Mikoriza (M), Polimer (P), Osmoprotektan (O), Polimer+Osmoprotektan (P+O), su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A).

Her V-şekilli mikro havzanın köşe noktasına (en düşük kotlu noktaya) iki adet ve köşe noktasının iki metre uzağına iki metre aralıklarla üçer adet olmak üzere beşer adet fidan dikimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Her bir blokta beş ünite (V-şekilli) oluşturulmuştur. Her deneme ünitesinde 12 adet V-şeklinde mikro havza bulunmasından dolayı toplam 300 fidanın dikimi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca mevcuttaki ağaçlandırma uygulaması kapsamında oluşturulan teraslara 48 adet fidan dikilmiştir. Üç bloktaki toplam deneme ünitesi sayısı  $6 \times 3 = 18$  adettir. Toplamda üç deneme sahasında 1044 adet dişbudak fidanı dikimi yapılmıştır.

Fidanların büyüme dönemleri başında (2022 Mart) ve sonunda (2022 Kasım) kök boğazı çapları (KBC) ve boyları (FB) ölçülmüş ve yaşama oranları hesaplanmıştır. KBC dijital çap ölçer ve FB metre yardımıyla ölçülmüştür. Büyüme sezonu sonundaki nispi çap ve boy artımları aşağıdaki denklem 1 ve 2'ye göre hesaplanacaktır (Hunt, 1990).

$$N\dot{C}A = \frac{\ln KBC_2 - \ln KBC_1}{t} \quad (1)$$

NÇA: Nispi çap artımı ( $mm \text{ mm}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ )

KBC<sub>1</sub>: Dikim anındaki kök boğazı çapı (mm)

KBC<sub>2</sub>: Periyot sonundaki kök boğazı çapı (mm)

t: Ölçümler arasında geçen süre (yıl)

$$NBA = \frac{\ln FB_2 - \ln FB_1}{t} \quad (2)$$

NBA: Nispi boy artımı ( $cm \text{ cm}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ )

FB<sub>1</sub>: Dikim anındaki toprak üstü fidan boyu (cm)

FB<sub>2</sub>: Periyot sonundaki toprak üstü fidan boyu (cm)

t: Ölçümler arasında geçen süre (yıl)

Arazideki anlık nem miktarındaki değişim için her mikro havza işlem ünitesinde köşe nokta ile kenar boyunca yer alan ve geleneksel ağaçlandırma işlemindeki beş adet fidanın gövdesinden dışa doğru 20 cm mesafedeki toprağın ilk 20 cm'sindeki nem miktarları TDR

yöntemiyle anlık ölçümler yapılarak belirlenmiştir. Nem ölçümleri 2022 yılı 15 Temmuz, 15 Ağustos ve 15 Eylül tarihlerinde yapılmıştır.

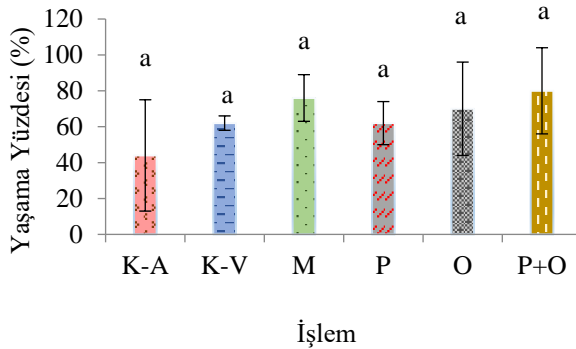
### 2.5. İstatistik analiz

Uygulanan işlemlerin fidan özellikleri (yaşama yüzdesi, genel çap ve boy, nispi çap ve boy artımı) ile toprak nemine etkisini belirlemek amacıyla elde edilen verilere, deneme desenine uygun olacak şekilde, varyans (ANOVA) analizleri uygulanmıştır ( $p < 0.05$ ). Analiz öncesinde yaşama yüzdesi ile toprak nemi değerlerinde dönüşümler yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında Tukey HSD testi ( $\alpha = 0,05$ ) uygulanmıştır. Bütün istatistik analizler için SAS (Statistical Analysis Software 1996) programından yararlanılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1 Yaşama Oranı

Dişbudak fidanlarının büyüme dönemi sonundaki yaşama oranları işlemler arasında anlamlı bir fark göstermemiş ve işlem farkı olmaksızın ortalama %63 olarak belirlenmiştir (Şekil 5). Her ne kadar ilk yıl anlamlı bir farklılık ortaya çıkmamış olsa da sonraki yıllar bu durum değişerek V-şekilli mikrohavzalardaki fidanların yaşama oranlarında artışların tespit edileceği düşünülmektedir. Siyum ve ark., (2019) tarafından Güney Tigray/Kuzey Etiyopya'da gerçekleştirilen su hasadı tekniklerinin fidanların hayatta kalması ve ağaçların büyüme performansı üzerindeki etkisinin ortaya konulmasını amaçlayan çalışmanın ilk yılında da su hasadı tekniği uygulanan *Grevillea robusta* fidanlarının yaşama oranlarında anlamlı bir fark ortaya koyulamamıştır. Fakat sonraki yıllarda kontrole göre kaş teraslarındaki fidanlar tutma başarıları bakımından üstünlük sağlamışlardır.

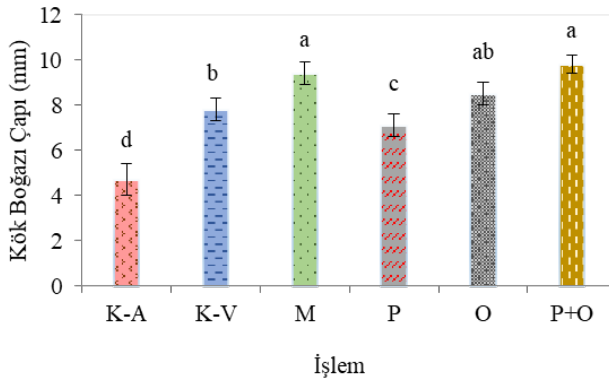


**Şekil 5.** Dişbudak fidanlarının ilk yıl sonundaki yaşama oranları ortalamaları  $\pm$  standart hataları (Aynı harflerle takip edilen ortalamalar  $\alpha = 0.05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).



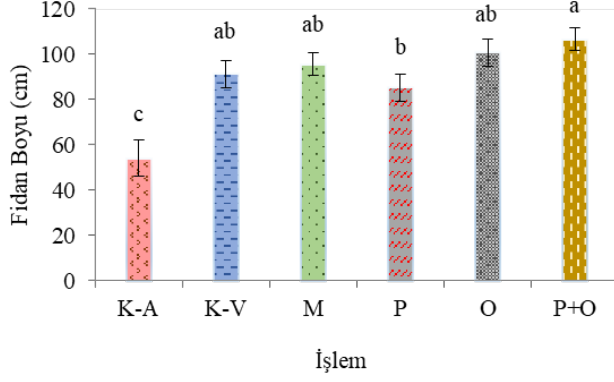
### 3.2 Çap ve Boy Büyümleri

Fidanların KBC'leri bakımından birinci büyüme döneminin sonunda işlemler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (P-değeri <0,0001). Fidanların dikimini takip eden ilk büyüme dönemi sonunda V-şekilli mikrohavzalarda bulunan fidanların KBC'leri K-A ünitesindekilere göre anlamlı düzeyde daha kalın olduğu belirlenmiştir. M ve P+O ünitelerinde bulunan fidanların KBC'leri K-A ünitesinden yaklaşık olarak %110, P ünitesinden yaklaşık olarak %40 ve K-V ünitesinden yaklaşık olarak %20 daha kalın olduğu hesaplanmıştır. O ünitesinde bulunan fidanların KBC'leri K-A ünitesinden %80, P ünitesinden ise %19 daha kalın olduğu belirlenmiştir. K-V ile P ünitelerindekililerin ise K-A ünitesinden yaklaşık olarak %60 daha kalın oldukları tespit edilmiştir (Şekil 6).



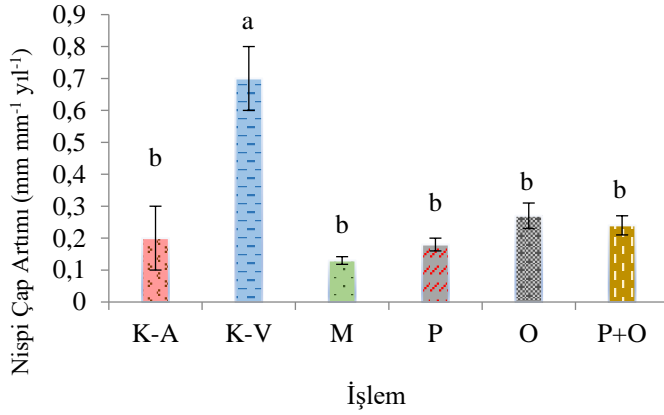
**Şekil 6.** Dişbudak fidanlarının birinci büyüme dönemi sonundaki KBC ortalamaları  $\pm$  standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar  $\alpha=0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

FB bakımından birinci büyüme döneminin sonunda işlemler arasında anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (P-değeri <0,0001). Fidanların dikimini takip eden ilk büyüme dönemi sonunda P+O ünitesinde bulunan fidanların FB'leri K-A ünitesinde bulunan fidanlardan %97, P ünitesinde bulunan fidanlardan %25 daha boylu olduğu tespit edilmiştir. K-V, M, O ve P ünitelerinde bulunan fidanların FB'leri K-A ünitesinde bulunan fidanlardan %72 daha boylu olduğu hesaplanmıştır (Şekil 7).



**Şekil 7.** Dişbudak fidanlarının birinci büyüme dönemi sonundaki FB ortalamaları  $\pm$  standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar  $\alpha=0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

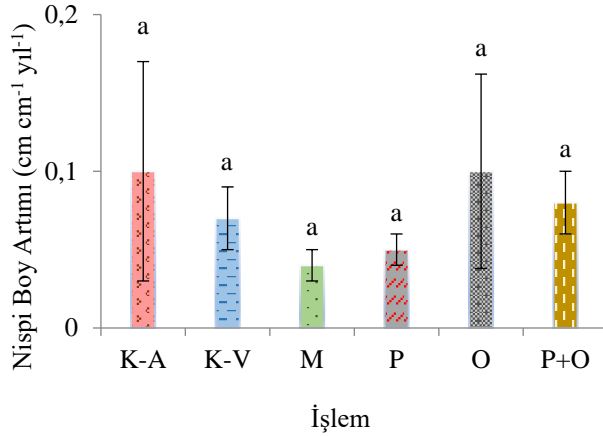
Fidanların nisbi çap artımı (NÇA) bakımından birinci büyüme döneminin sonunda K-V ünitesinin diğer ünitelere göre istatistiki olarak daha fazla çap artımı yaptığı tespit edilmiştir (P-değeri  $<0,0001$ ). En kalın çapa sahip olan K-V ünitesindeki fidanların NÇA'ları K-A, O ve P+O ünitelerine göre %250, M ünitesine göre %438 ve P ünitesine göre %288 daha kalın çap yaptığı belirlenmiştir (Şekil 8).



**Şekil 8.** Dişbudak fidanlarının birinci büyüme dönemi sonundaki NÇA ortalamaları  $\pm$  standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar  $\alpha=0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

Nispi boy artımı bakımından birinci büyüme döneminin sonunda işlemler arasında bir farklılık tespit edilememiştir (Şekil 9). Kurak ve yarı kurak bölgelerde fidanların büyüme performansları, özellikle ilk yıllarında boy artışından ziyade kök ve çap gelişimine odaklandıkları bilinmektedir. Bu bölgelerde bitkilerin büyüme stratejilerinin su kısıtlılığına

uyum sağladığı, erken dönemde kök ve çap genişlemesine öncelik vererek su ve besin alımını optimize ettikleri belirlenmiştir. Bu durum su açığının olduğu bölgelerde fidanların hayatta kalması için kritik bir rol oynamaktadır (Öz ve Göl, 2021; Gülcü ve Çelik, 2016). Gelecek yıllarda fidanlar su açığına uyum sağladıktan sonra boy artımında da istatistiksel olarak fark beklenmektedir.

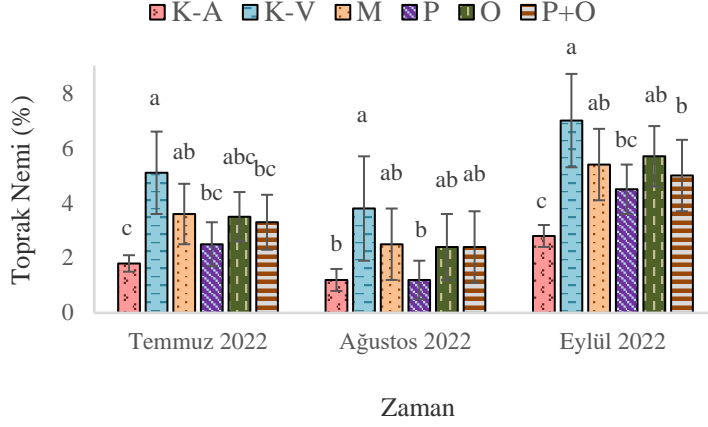


**Şekil 9.** Dişbudak fidanlarının birinci büyüme dönemi sonundaki NBA ortalamaları  $\pm$  standart hataları (Ortak harfe sahip ortalamalar  $\alpha=0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir. Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

Su hasadı tekniğinin büyüme üzerinde olumlu etkisini vurgulayan diğer çalışmalarla bu çalışmadan elde edilen sonuçların (Jennifer ve ark., 2013; Siyum ve ark., 2019) uyumlu olduğu belirlenmiştir. V-şekilli mikrohavzalara entegre olarak uygulanan, bitkilerin büyüme ve gelişimi üzerinde olumlu etkileri olan mikoriza (Toprak ve ark., 2024), polimer (Sharma, 2004) ve osmoprotektan (Kumari ve ark., 2015) uygulamalarının da çap ve boy artımı üzerinde önemli etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur.

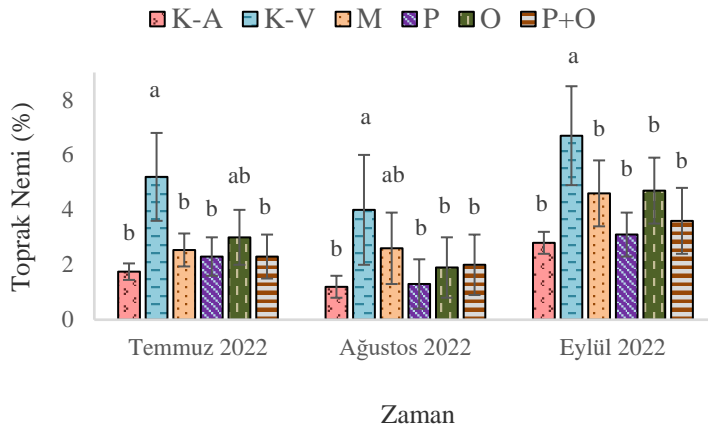
### 3.4 Toprak Nemi

Temmuz, Ağustos ve Eylül 2022'de mikro havzaların uç kısmındaki fidanların yaklaşık 20 cm uzağındaki toprak nemi bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu belirlenmiştir ( $P$ -değerleri  $<0,0001$ ). Ölçümün yapıldığı üç ayda da hiçbir işlemin uygulanmadığı su hasadı yapılan mikro havzadaki toprak nemi geleneksel yöntem olarak uygulanan teraslardakine göre yaklaşık 3 kat daha fazla ölçülmüştür (Şekil 10).



**Şekil 10.** Toprak nemi ortalamaları (mikrohavza uç kısmı+teras)  $\pm$  standart hataları (Aynı işlemlere ait sütunlarda ortak harfe sahip ortalamalar  $\alpha=0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir). Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

Temmuz, Ağustos ve Eylül 2022’de mikro havzaların kenar kısmındaki fidanların yaklaşık 20 cm uzağındaki toprak nemi bakımından işlemler arasında farklılıkların olduğu belirlenmiştir ( $P$ -değerleri  $<0,0001$ ). Uç kısımda olduğu gibi kenar kısmındaki toprak nemi, ölçümün yapıldığı üç ayda da hiçbir işlemin uygulanmadığı su hasadı yapılan mikro havzada geleneksel yöntem olarak uygulanan teraslardakine göre yaklaşık 3 kat daha fazla ölçülmüştür (Şekil 11).



**Şekil 11.** Toprak nemi ortalamaları (mikrohavza kenar kısmı+teras)  $\pm$  standart hataları (Aynı işlemlere ait sütunlarda ortak harfe sahip ortalamalar  $\alpha=0,05$  düzeyinde birbirlerinden farklı değildir). Mevcut ağaçlandırma teknikleriyle dikim yapılmış (K-A), Su hasadı uygulanmış fakat herhangi bir işlem yapılmamış (K-V), Su hasadı+Mikoriza (M), Su hasadı+Polimer (P), Su hasadı+Osmoprotektan (O), Su hasadı+Polimer+Osmoprotektan (PO)).

Yağış hasadının amacı, yağışın meydana geldiği alanlarda yağışın evapotranspirasyon ve yüzeysel akış yoluyla büyük miktarlarda kayba uğramadan önce yakalanarak toprağa süzülmesini sağlamaktır. Dolayısıyla su hasadı sistemleri yukarıdaki grafiklerde de belirtildiği gibi toprağın nem içeriğini iyileştirmektedir (Critchley ve ark., 1991; Oweis ve ark., 2001, Pradhan ve Sahoo, 2019).

#### 4. Sonuçlar

İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak ve iklim değişikliğine karşı dirençli ormanlar kurmak gerekmektedir. Bu kapsamda ağaçlandırma çalışmalarında restorasyon ve rehabilitasyon çalışmaları önem kazanmakta ve iklim akıllı ormancılık dünya genelinde teşvik edilmekte ve yeni girişimlere yol açmaktadır (Di Sacco ve ark., 2021; Campos ve ark., 2022). İklim akıllı ormancılık kapsamında kurak ve yarı kurak sahaların restorasyon/rehabilitasyon çalışmalarında su hasadı teknikleri ve bitki destekleyici ürünlerin kullanılması ve kombine edilmesi fidanların arazi performansı üzerinde olumlu etkiler oluşturabilecektir. Çalışmanın ileriki dönemlerde de izlenmesi daha uzun vadeli bulgular elde edilmesi yararlı olacaktır.

#### Teşekkür

Bu çalışma İzmir Orman Bölge Müdürlüğü ile 122O137 No'lu "V-Şekilli Mikro havzalarda Suyun Etkin Kullanımıyla İklim Değişikliğine Karşı Ekosistem Rehabilitasyonu" adlı TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

#### Kaynaklar

- Anonim. (2012). *Erozyonla mücadele ve ağaçlandırma master planı Konya*.
- Anonim. (2014). *Türkiye kuraklık değerlendirme raporu*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Anonim. (2016). *Aydeniz iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi*. Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü.
- Anser, M. R., Hussain, B., Munir, S., Zia ul Hassan, S., Sajjad, M. R., & Khan, M. A. (2014). *Training manual on soil and water conservation technologies*. Soil and Water Conservation Research Institute, Chakwal.
- Atalay, İ. (2014). *Türkiye'nin ekolojik bölgeleri (Ecoregions of Turkey) (Genişletilmiş 2. baskı)*. Orman Bakanlığı, İzmir.

- Azigwe, J. B., Duku, I. G., Laare, J., & Adda, G. (2016). Rainwater harvesting for planting and growing trees to green the polytechnic campus: A case study of Bolgatanga Polytechnic. *British Journal of Environmental Sciences*, 4(3), 49–63.
- Boydak, M., & Çalışkan, S. (2014). *Ağaçlandırma (Tohum, ağaç ıslahı, fidanlık, doğaya yakın ormancılık, alan hazırlığı, ekim, dikim, yarı kurak, kurak alanlar, endüstriyel ağaçlandırmalar, karstik alanlar, özel nitelikli ağaçlandırmalar)*. Ogem-Vak, İstanbul.
- Campos, J. C., Rodrigues, S., Sil, Â., Hermoso, V., Freitas, T. R., Santos, J. A., & Regos, A. (2022). Climate regulation ecosystem services and biodiversity conservation are enhanced differently by climate-and fire-smart landscape management. *Environmental Research Letters*, 17(5), 054014.
- Cebeci, İ., Demirkıran, O., Doğan, O., Sezer, K. K., Öztürk, Ö., & Elbaşı, F. (2019). Türkiye'nin iller bazında kuraklık değerlendirmesi. *Toprak Su Dergisi, Özel Sayı*, 169–176.
- Cortina, J., Amat, B., Castillo, V., Fuentes, D., Maestre, F., Padilla, F., & Rojo, L. (2011). The restoration of vegetation cover in the semi-arid Iberian southeast. *Journal of Arid Environments*, 75, 1377–1384.
- Critchley, W., Siegert, K., & Chapman, C. (1991). *A manual for the design and construction of water harvesting schemes for plant production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/U3160E/u3160e00.htm#Contents>
- Çalışkan, S., & Boydak, M. (2017). Afforestation of arid and semiarid ecosystems in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 41(5), 317–330. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbtkagriculture/issue/34760/384510>
- Çiçek, E., & Yılmaz, M. (2002). The importance of *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* as a fast-growing tree for Turkey. In *IUFRO Meeting on Management of Fast Growing Plantations*, İzmit, Turkey, 192–202.
- Çiçek, E., Çiçek, N., & Bilir, N. (2007). Effects of seedbed density on one-year-old *Fraxinus angustifolia* seedling characteristics and outplanting performance. *New Forests*, 33, 81–91.
- Dedrick, S., Spiecker, H., Orazio, C., & Martinez, I. (Eds.). (2007). *Plantation or conversion: The debate*. European Forest Research Institute Discussion Paper 13.
- Deligöz, A., & Gençer, O. (2021). Sağlı meşe (*Quercus cerris L.*)'nin fidan kalitesi üzerinde tüp boyutu ve kökçük kırılmasının etkisi. *Türk Ormancılık Dergisi*, 22(3), 211–217.

- Di Sacco, A., Hardwick, K., Blakesley, D., Brancalion, P. H., Breman, E., Rebola, L. C., & Antonelli, A. (2021). Ten golden rules for reforestation to optimise carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. *Global Change Biology*, 27, 1328–1348.
- FAO. (1989). *Role of forestry in combating desertification*. FAO Conservation Guide 21.
- Gülcü, S., & Çelik, İ. (2016). Kurak ve yarı kurak alan ağaçlandırmalarında değişik makineli arazi hazırlığı yöntemlerinin dikim başarısı üzerine etkileri. *Turkish Journal of Forestry*, 17(1), 12–19.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., ... & Thépaut, J. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999–2049.
- Hunt, R. (1990). Relative growth rates. In R. Hunt (Ed.), *Basic Growth Analysis* (pp. 25–34). Unwin Hyman, Ltd.
- Jennifer, R., Eric, K., Eliud, K., & Francis, M. (2013). Effects of micro-catchment rainwater harvesting on survival and growth of multipurpose trees and shrubs in Nyando District, Western Kenya. *International Journal of Advanced Agriculture Research*, 3(1), 17–25.
- Kumari, S. R., Hema, K., & Narayana, E. (2015). Studies on amelioration of water stress in cotton through use of osmoprotectants and chemicals. *Journal of Cotton Research and Development*, 29(1), 61–64.
- Küçükosmanoğlu, A. (1990). Kızılçam orman yangınları ilişkisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B*, 40(4), 67–84.
- Lancaster, B. (2019). *Rainwater harvesting for drylands and beyond (Vol. 1, 3rd ed.): Guiding principles to welcome rain into your life and landscape*. Rainsource Press.
- MGM. (2024). *Resmi iklim istatistikleri*. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H> (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2024).
- Moreira, F., Viedma, O., Arianoutsou, M., Curt, T., Koutsias, N., Rigolot, E., ... & Xanthopoulos, G. (2011). Landscape-wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management. *Journal of Environmental Management*, 92, 2389–2402.
- Mutlu, Ö. (2015). İç Anadolu kurak bölge ağaçlandırmasında kullanılan dişbudakların (*Fraxinus angustifolia*) beslenme durumlarının belirlenmesi. (Yüksek lisans tezi). Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.

- Oweis, T., Prinz, D., & Hachum, A. (2001). *Water harvesting: Indigenous knowledge for the future of the drier environments*. ICARDA.
- Öz, Y., & Göl, C. (2021). Yarı kurak ve tuzlu/jipsli alanlarda farklı arazi hazırlığı yöntemlerinin fidan gelişimine etkileri. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 8(2), 146–156.
- Pradhan, R., & Sahoo, J. (2019). Smart rainwater management: New technologies and innovation. In V. Bobek (Ed.), *Smart urban development*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86336>
- Prinz, D. (2001). Water harvesting for afforestation in dry areas. In *Proceedings of the 10th International Conference on Rainwater Catchment Systems* (pp. 195–198). Mannheim, Germany.
- Sharma, J. (2004). Establishment of perennials in hydrophilic polymer-amended soil. *SNA Research Conference, Water Quality & Management Section*, 49, 530–532.
- Siyum, G., Eyasu, G., Tassew, T., & Gidey, A. (2019). Effect of different moisture harvesting techniques on seedling survivals and growth of trees in degraded lands of Southern Tigray. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 4(1), 1–10.
- Tognetti, R., Smith, M., & Panzacchi, P. (Eds.). (2021). *Climate-smart forestry in mountain regions*. Springer Publishing.
- Toprak, B., Yıldız, O., Sargıncı, M., Çetin, B., & Soysaldi, B. B. (2024). Seedling growth and nutritional status of *Elaeagnus angustifolia* and *Robinia pseudoacacia* as response to arbuscular mycorrhizal fungi and K-humate. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1–12.



## Web-based Timber Logs Information System Using the YOLOv8 Model: İstifTakip

### YOLOv8 Modeli ile Web Tabanlı Tomruk Bilgi Sistemi: İstifTakip

 Remzi EKER<sup>1</sup>,  Kamber Can ALKİŞ<sup>2</sup>

#### Abstract

This study introduces İstifTakip, a web-based information system developed for the automated detection and measurement of stacked timber logs using the YOLOv8 deep learning model. The system aims to overcome the limitations of manual timber measurement methods by providing a more accurate and efficient alternative. Data were collected through smartphone images of timber stacks at the Ulucak Forest Depot in İzmir, Türkiye. The YOLOv8 model, optimized using the Optuna library, was trained on this dataset to detect logs and calculate key attributes such as diameter and volume. Hyperparameter optimization with Optuna resulted in a significant improvement in model performance, achieving an mAP@0.5 score of 0.8569, precision of 0.8513, and recall of 0.8827. These results demonstrate the model's robustness and accuracy in detecting logs across varied image conditions. İstifTakip was developed using the Django framework and offers a user-friendly interface where users can upload images, annotate reference lines, and obtain log measurements. The system is specifically designed for Turkish forestry, supporting local language and practices, which sets it apart from other global solutions. Its scalability and potential for integration with mobile devices make it a valuable tool for future forestry applications. This research highlights the advantages of combining deep learning and smart forestry technologies to enhance operational efficiency and data accuracy in timber stack management.

**Keywords:** Deep learning, Smart forestry, Timber detection, YOLOv8.

#### Özet

Bu çalışma, YOLOv8 derin öğrenme modeli kullanarak istiflenmiş tomrukların otomatik tespit ve ölçümünü sağlayan web tabanlı bir sistem olan İstifTakip'i tanıtmaktadır. Sistem, manuel tomruk ölçüm yöntemlerinin sınırlamalarını aşarak daha doğru ve verimli bir çözüm sunmayı hedeflemektedir. Veriler, Türkiye'nin İzmir ilindeki Ulucak Orman Deposu'nda tomruk istiflerinin akıllı telefonla çekilen görüntülerinden toplanmıştır. Bu görüntülerle çap ve hacim gibi özellikleri hesaplamak amacıyla YOLOv8 modeli Optuna kütüphanesi ile optimize edilmiştir. Optuna ile yapılan hiperparametre optimizasyonu, model performansını artırarak mAP@0.5 skoru 0.8569, doğruluk 0.8513 ve geri çağırma 0.8827 seviyelerine ulaşmıştır. Bu sonuçlar, modelin değişen görüntü koşullarında sağlam ve başarılı olduğunu göstermektedir. Django framework kullanılarak geliştirilen İstifTakip, kullanıcı dostu bir arayüze sahiptir. Kullanıcılar, bu arayüzde görüntü yükleyebilir, referans çizgileri ekleyebilir ve tomruk ölçümleri alabilir. Türk ormancılığına özel olarak tasarlanan sistem, yerel dil desteği ve uygulamalarıyla öne çıkmakta olup, küresel çözümlerden ayrılmaktadır. Ayrıca, mobil cihazlarla entegrasyon potansiyeli ve ölçeklenebilirliği ile gelecekteki ormancılık uygulamaları için değerli bir araç niteliğindedir. Bu araştırma, derin öğrenme ve akıllı ormancılık teknolojilerinin bir araya gelerek istif yönetiminde operasyonel verimlilik ve veri doğruluğunu artırmadaki avantajlarını vurgulamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Derin öğrenme, Akıllı ormancılık, Tomruk tespit, YOLOv8.

Received: 25.10.2024, Revised: 06.12.2024, Accepted: 08.12.2024

Address: <sup>1</sup> İzmir Kâtip Çelebi University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 35620 İzmir, Türkiye

<sup>2</sup> İzmir Regional Directorate of Forestry, 35530 İzmir, Türkiye

E-mail: remzi.eker@ikc.edu.tr

## 1. Introduction

Forests are vital ecosystems that support human life by providing essential resources and ensuring environmental sustainability (Köse et al., 2017). Beyond their ecological significance, forest activities play a critical economic role, as highlighted by Gül and Özçelik (2017). Historically, forests have been predominantly seen as sources of timber. However, from the early 19th century onward, it became evident that forests serve multiple functions, including biodiversity conservation and climate regulation (Yıldırım, 2017; Vatandaşlar, 2021). Despite these diverse roles, the economic function of forests, particularly timber production, remains the primary focus today.

One of the key aspects of timber production is the efficient management of timber resources from forest extraction to storage and distribution. Timber stacking, drying, protection, and transportation are integral steps in ensuring sustainable forest management (Buğday and Özden, 2015). In Türkiye, timber delivered to forest depots is recorded manually, classified based on physical attributes such as type and quality, and measured for quantity, length, and diameter (Ünver Okan and Acar, 2015). This process, however, remains largely reliant on traditional methods, which poses challenges in terms of efficiency, accuracy, and scalability.

With the advancement of technology and the rise of digital solutions, there is an increasing need for the automation and digitization of these processes. Recent studies have explored the use of photogrammetry and remote sensing technologies such as UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), smartphones, and LIDAR to capture and analyze timber data (Dietz et al., 2019; Karha et al., 2019; Eker and Aydın, 2020; Berendt et al., 2021; Uçar et al., 2024; Sönmez et al., 2024). These technologies offer promising solutions for accurate and real-time data collection, which is essential for efficient forest management.

As timber is both a capital asset and a revenue source for forest enterprises, the accurate, fast, and cost-effective measurement of logs is crucial for operational success (Türker, 2013). The growing use of big data analytics in forestry provides an opportunity to collect and process large volumes of data for decision-making purposes. However, traditional methods of data collection and analysis are insufficient to meet the current demands for speed and precision (Zou et al., 2019). Therefore, the integration of big data and smart forestry technologies offers a potential solution to these challenges.

Smart forestry refers to the digital transformation and automation of forestry processes, leveraging Information and Communication Technologies (ICT) within the Industry 4.0

framework (Tomaszewski and Koakowski, 2023). This approach enables the digital, interconnected, and intelligent management of forest ecosystems, where data analysis and mining play a fundamental role in decision-making processes (Zou et al., 2019). One of the most pressing issues in the forestry sector is the accurate measurement, calculation, and documentation of stacked logs, which are critical for both economic and operational reasons.

To address this, various software and mobile applications have been developed, incorporating technologies such as computer vision and artificial neural networks for the precise measurement of log volumes. Among the most notable applications are Digitora (Bertola et al., 2003), NeuroDIC (Silveira et al., 2014), Trestima Stack (Karha et al., 2019), IFOVEA, LogStackPro, AFoRS, Logsize, sScale, and Timbeter (Uçar et al., 2024). These tools offer significant advantages, particularly for large-scale log stacks, by improving accuracy and reducing the time and costs associated with traditional measurement methods.

However, there is a limited body of literature focusing on the use of deep learning models such as YOLO (You Only Look Once) for log detection and measurement. Cassas et al. (2023) recently applied the YOLOv8 model to automatically detect eucalyptus logs, demonstrating the potential of this approach for real-time object detection in forestry applications.

In this study, we aim to contribute to the growing body of research by developing a practical and efficient solution for the automatic detection and measurement of timber log products. Using photogrammetric data, we calculate the number, diameter, and volume of stacked logs. The YOLO deep learning model, combined with the Optuna library for hyperparameter optimization, is employed to achieve accurate log detection from digital images. Upon completing accuracy tests, a web-based application called İstifTakip was developed to facilitate the practical use of this system in forest management.

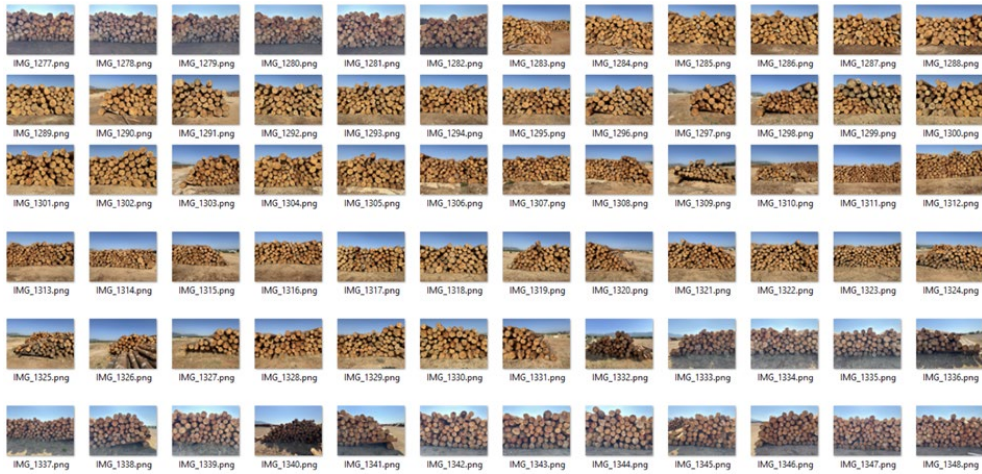
## 2. Material and Method

### 2.1. Data Collection and Processing

The dataset for training and testing the deep learning model was created by capturing images of the existing timber stacks at the Ulucak Forest Depot, part of the İzmir Forest Regional Directorate, in 2024 (Figure 1). The data collection was carried out using two smartphones: an iPhone 14 Pro Max (48 MP) and a Samsung A02 (13 MP). A total of 262 images (.heic format) were captured with the iPhone, and 89 images (.jpeg format) were captured with the Samsung A02. Utilizing two devices facilitated faster data acquisition in the field while also allowing for an evaluation of the model's ability to generalize across different image qualities and resolutions. To ensure compatibility with the YOLO model, all images were converted to the .png format using the Python programming language (Figure 2).



**Figure 1.** Location of the Ulucak Forest Depot where the images were captured.



**Figure 2.** Example images from the dataset of stacked timber logs.

The labeling of the timber logs in the images was carried out using the open-source software Labellmg (Figure 3). This software, with its graphical user interface (GUI), enabled accurate and efficient annotation of the timber log objects, saving the labels in the YOLO format.



**Figure 3.** The GUI of the Labellmg software used for image labeling.

## 2.2. YOLOv8 Model and Architecture

In this study, the YOLOv8 deep learning model was employed to automatically detect timber logs in the collected digital images. The backbone of the model was built using CSPDarknet53, an advanced version of the Darknet architecture known for its efficiency in object detection tasks. CSPDarknet53, as described in Casas et al. (2023), was chosen for its ability to handle complex and irregular object shapes, making it particularly well-suited for

detecting stacked timber logs. The CSP (Cross Stage Partial Networks) approach used in this architecture allowed for partitioning the feature map, thereby reducing computational costs while maintaining high accuracy. This approach enhances gradient flow across layers, improving model performance. To further improve feature extraction, the C2f module (CSP Bottleneck with 2 Convolutions) was incorporated. This module allows the reuse of features across layers, enhancing the model's ability to detect logs of varying sizes and orientations. Additionally, the SPPF (Spatial Pyramid Pooling Fast) layer was used to manage varying spatial dimensions, making it easier for the model to detect objects at different scales and resolutions. These improvements in the architecture align with the enhancements proposed by Casas et al. (2023) for optimizing object detection tasks. The model was trained using the AdamW optimizer, which provides a balance between speed and accuracy through decoupled weight decay regularization. This regularization prevents overfitting during training, improving the model's generalization to unseen data.

### 2.3. Hyperparameter Optimization with Optuna

Unlike the approach taken by Casas et al. (2023), to ensure the best model performance, hyperparameter optimization was carried out using the Optuna library. The following key hyperparameters were optimized: the number of epochs, batch size, learning rate, momentum, and weight decay (see Table 1). Optuna conducted 10 trials of optimization to identify the optimal combination of these parameters. The final model was selected based on the highest mAP@0.5 (mean Average Precision at 50% Intersection over Union) score, which evaluates the model's detection accuracy.

**Table 1.** Summary of basic parameters optimized during the training process using the Optuna library.

Parameter	Range/Value	Description
Epochs	Between 50-100	Number of complete passes through the training dataset.
Batch size	8, 16, 32	Number of samples processed before the model is updated.
Learning rate	Between 1e-5 and 1e-1 (log scale)	Step size controlling how much to adjust the weights.
Momentum	0.5 - 0.99	Helps accelerate gradient vectors in the right direction.
Weight decay	Between 1e-6 and 1e-3	Regularization technique to prevent overfitting.
Number of Trials	10	Number of trials conducted for hyperparameter tuning.
Performance Metric	mAP@0.5	Mean Average Precision at 0.5 IoU used to select the best model.

## 2.4. Model Evaluation and Deployment

The model evaluation process was conducted in two main stages: validation during training and testing on an independent test set. The dataset was divided into training and testing sets based on the device used to capture the images. Images captured with the iPhone 14 Pro Max were used for training the model, while those captured with the Samsung A02 were used exclusively for testing purposes. During the training process, the model's performance was continuously evaluated using a validation split from the training data. The following evaluation metrics were employed to measure the model's performance:

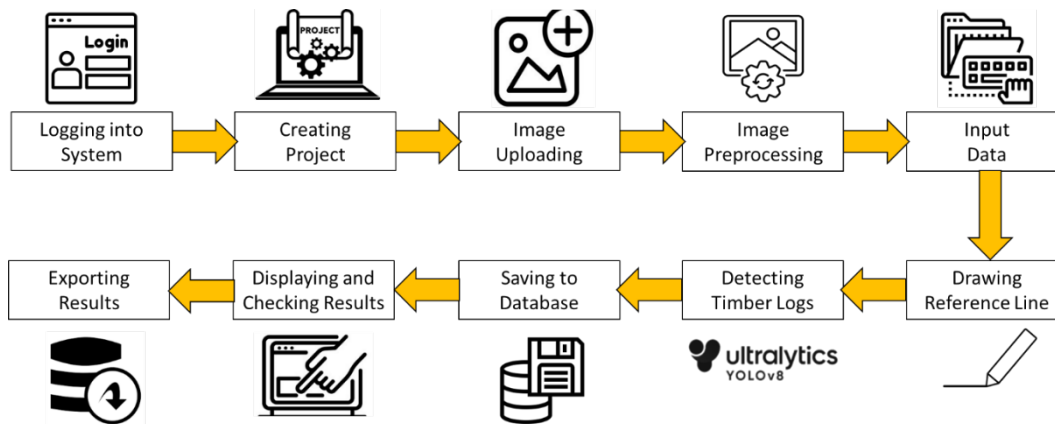
- *Precision*: Precision is the ratio of true positive detections to the sum of true positives and false positives. It represents the accuracy of the model in identifying timber logs without falsely detecting non-log objects. High precision indicates that the model effectively minimizes false positives.
- *Recall*: Recall is the ratio of true positive detections to the sum of true positives and false negatives. It measures the ability of the model to correctly identify all the actual timber logs in the image. High recall indicates that the model successfully detects most, if not all, of the logs.
- *mAP@0.5 (Mean Average Precision at 50% IoU)*: This metric is used to evaluate the overall detection performance of the model. The mean average precision (mAP) is calculated by taking the average of the precision values at different recall levels, while the 0.5 Intersection over Union (IoU) threshold is used to determine whether a predicted bounding box overlaps sufficiently with the ground truth box. A higher mAP@0.5 score reflects better accuracy in detecting the logs with precise bounding box placement.

mAP@0.5 is widely used in object detection tasks because it provides a comprehensive evaluation of how well a model can detect and localize objects. A high mAP@0.5 score indicates that the model can accurately detect objects with a reasonably high overlap between predicted and ground truth boxes. It balances precision and recall, making it a reliable metric for evaluating object detection performance. The model was then integrated into the IstifTakip Web-based Information System.

## 2.5. Designing of IstifTakip Web-based Information System

The design of the IstifTakip web-based system involved a structured approach that combined deep learning integration, user interface design, and backend architecture to

deliver an efficient and user-friendly solution for detecting and managing timber logs. The workflow diagram is given in Figure 4.



**Figure 4.** Workflow diagram of IstifTakip Web Application.

According to this diagram, below is a step-by-step explanation of how the IstifTakip system works:

- *Logging into the System:* The process begins when the user logs into the web application. This secure login step ensures that only authorized users can access and manage the timber log detection process.
- *Creating a New Project:* Once logged in, the user can create a new project. Users can define name for the Project by entering additional explanations.
- *Image Uploading:* After the project is set up, users upload images of stacked timber logs. The system supports various image formats
- *Image Preprocessing:* Before the images are analyzed, they undergo preprocessing that involves resizing and ensuring that the images are in a format suitable for the YOLOv8 model.
- *Input Data:* Any additional information about the timber stack (e.g., tree species, log length, stack id, etc.)
- *Drawing Reference Line:* To scale estimated diameters of each log detected, a reference line is drawn on the image.
- *Detecting Timber Logs:* The core of the system is the YOLOv8 model, which processes the preprocessed images and detects the timber logs.



- *Displaying and Checking Results:* The results of the detection are displayed in an intuitive and interactive web interface. Users can view the images with the detected logs, along with key metrics such as log count, diameters, and volume.
- *Exporting Results:* Finally, the detected log data can be exported in various formats such as excel and pdf files.

The developing algorithms were carried out based on the workflow diagram given. The development process relied on the Django framework, which adheres to the Model-View-Controller (MVC) design pattern. This design pattern ensured a clear separation of concerns, promoting both scalability and maintainability throughout the application. In the system, the models define the database schema, which represents the core attributes of timber logs, such as size, species, and volume. These models are crucial for structuring and organizing the data, enabling efficient storage and retrieval. The views, on the other hand, manage user interactions, such as image uploads for log detection and displaying the results. They act as the intermediary between the front-end interface and the backend logic, ensuring a seamless user experience. Django's URL routing system serves as the controller, directing user requests to the appropriate views and managing data flow throughout the application.

At the core of the system is the YOLOv8 deep learning model, which is responsible for detecting and classifying timber logs in images. The model was deployed on the server-side, allowing for real-time image processing. When users upload images, the system passes these through the YOLOv8 model, which identifies the logs, draws bounding boxes around them, and calculates essential properties such as log volume. To ensure smooth operation, the system preprocesses all images, resizing and normalizing them to meet the input requirements of the YOLO model. This preprocessing step ensures that the model functions optimally, regardless of the type or size of the input images.

The front-end of the IstifTakip application was designed with user experience in mind, especially targeting forestry professionals who may not have extensive technical knowledge. The interface, built using HTML, CSS, and JavaScript, offers a simple yet effective layout where users can easily upload images of timber stacks. The upload process is optimized for handling large files efficiently. Once the YOLO model processes an image, the detected logs are highlighted, and relevant data, such as log diameter, length, and volume, are displayed to the user in an interactive manner. This interactive interface allows users to zoom in on the logs and examine the detection results in detail.

On the backend, Django's Object-Relational Mapping (ORM) handles data management. PostgreSQL was chosen as the database system to manage large datasets, ensuring quick retrieval and scalable storage. The ORM simplifies database interactions, enabling the system to grow and adapt as more data is collected or additional features are added. The system also includes a secure user authentication mechanism, allowing forestry professionals to create accounts, upload images, and access detection results. Role-based access control ensures that different users have appropriate permissions, allowing only authorized personnel to manage or modify log data.

### 3. Results and Discussion

In this study, we aimed to evaluate the performance of the YOLOv8 model in detecting and analyzing stacked timber logs using the İstifTakip web-based system. We implemented a hyperparameter optimization process using the Optuna library to fine-tune the model, assessing key performance metrics such as mAP50, Precision, and Recall. Through rigorous testing on images from different devices, the results demonstrated significant accuracy and robustness, supporting the potential of this deep learning system in forestry applications.

#### 3.1. Results

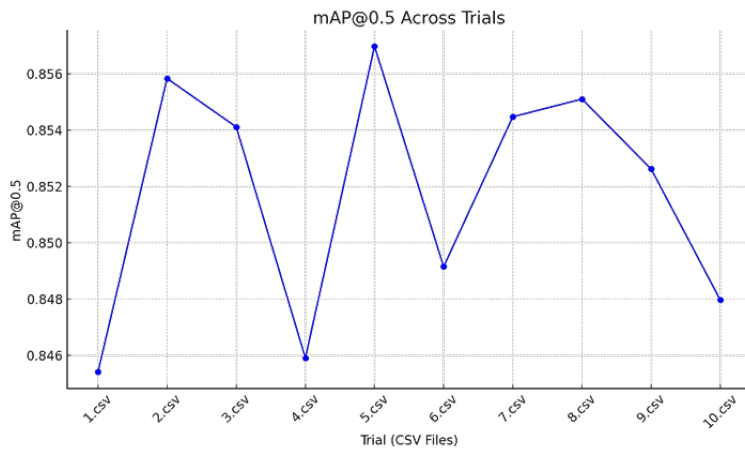
##### 3.1.1. Model Performance and Optuna Hyperparameter Optimization

During the Optuna optimization process, 10 trials were conducted to fine-tune the YOLOv8 model for the task of timber log detection. The metrics of interest, including mAP50, mAP50-95, Precision, and Recall, were evaluated for each trial (Figure 5-Figure 8). The results varied across the trials, as summarized in the following key findings:

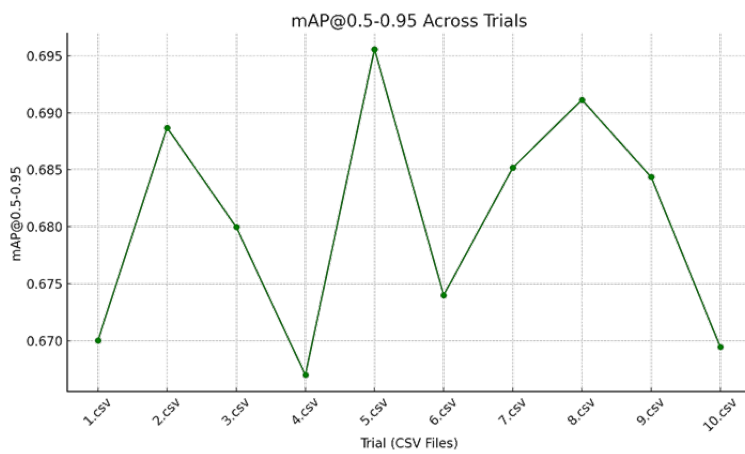
- *mAP50*: This metric, representing the model's ability to detect timber logs with 50% Intersection over Union (IoU), ranged between 0.8454 and 0.8569 across the trials. Trial 5 showed the highest mAP50 score of 0.8569, making it the most effective in detecting timber logs with a high degree of overlap between predicted and actual bounding boxes.
- *mAP50-95*: The model's performance at different IoU thresholds (from 50% to 95%) also indicated the robustness of the detection. The mAP50-95 values ranged from 0.6669 to 0.6956, with Trial 5 again showing the best performance at 0.6956.
- *Precision*: The highest precision was observed in Trial 4 with a perfect score of 1.000, meaning no false positives were detected in that trial. However, Trial 5 achieved

a balanced precision score of 0.8513, ensuring the model could detect logs without significant over-detection (false positives).

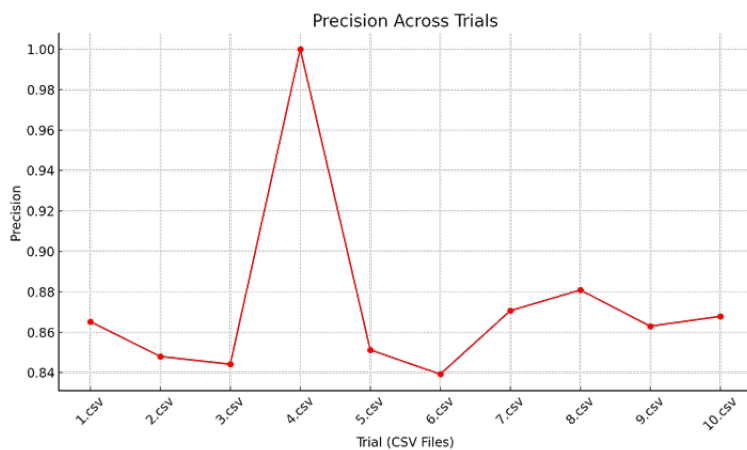
- *Recall*: Recall, which measures the model's ability to detect all relevant logs, ranged between 0.8471 and 0.8940. Trial 2 demonstrated the highest recall value of 0.8940, while Trial 5 maintained a strong recall score of 0.8827, indicating that the model successfully detected most logs in the images.



**Figure 5.** mAP@0.5 Across Trials.



**Figure 6.** mAP@0.5-0.95 Across Trials.

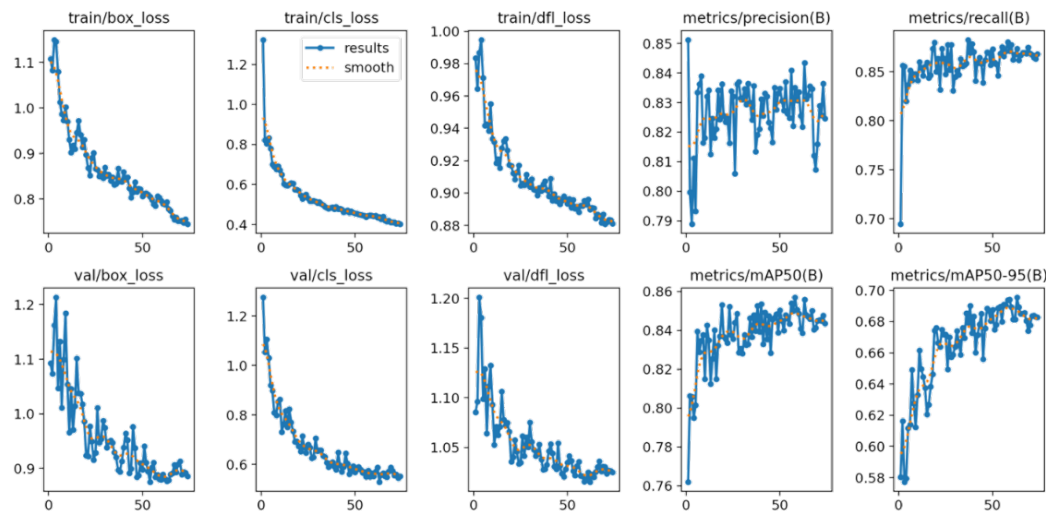


**Figure 7.** Precision Across Trials.



**Figure 8.** Recall Across Trials.

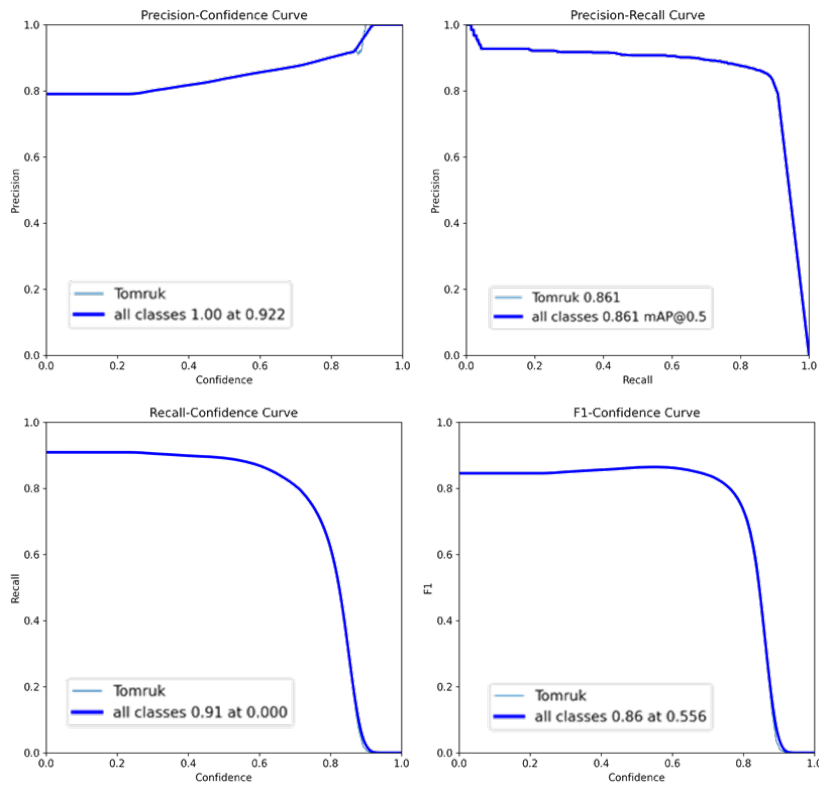
Based on the overall performance metrics, Trial 5 was identified as the best-performing model, balancing both precision and recall while achieving the highest mAP scores. The model performance in Trial 5 was further assessed by analyzing the training and validation loss curves, as well as key evaluation metrics such as precision, recall, and mAP (Mean Average Precision) (Figure 9). The following observations were made from the provided graphs:



**Figure 9.** The model performance graphs in Trial 5.

- *Training Losses:* The train/box\_loss, train/cls\_loss, and train/dfl\_loss curves (top row, first three plots) consistently decrease as the number of epochs increases, indicating that the model is learning effectively and minimizing errors related to bounding box localization, classification, and distributional loss functions, respectively.
- *Validation Losses:* The validation losses (val/box\_loss, val/cls\_loss, val/dfl\_loss), shown in the bottom row, also demonstrate a steady reduction across epochs, mirroring the training losses. This suggests that the model generalizes well to unseen validation data and does not suffer from significant overfitting.
- *Precision and Recall:* The precision (top row, fourth plot) shows minor fluctuations but stabilizes after several epochs, reaching a final value of approximately 0.85. Similarly, the recall (top row, fifth plot) increases steadily throughout training, stabilizing around 0.88.
- *mAP50 and mAP50-95:* The mAP50 and mAP50-95 curves (bottom row, last two plots) show steady improvement, with the mAP50 metric nearing 0.86 and mAP50-95 stabilizing around 0.69. These metrics further confirm the robustness of the model in detecting timber logs with high precision and accuracy.

To further evaluate the performance of the model selected in Trial 5, several key confidence metrics were examined. These curves provide valuable insights into how the model's precision, recall, and F1 score change as a function of the confidence threshold (Figure 10).



**Figure 10.** The several key confidence metrics were examined model performance graphs in Trial 5.

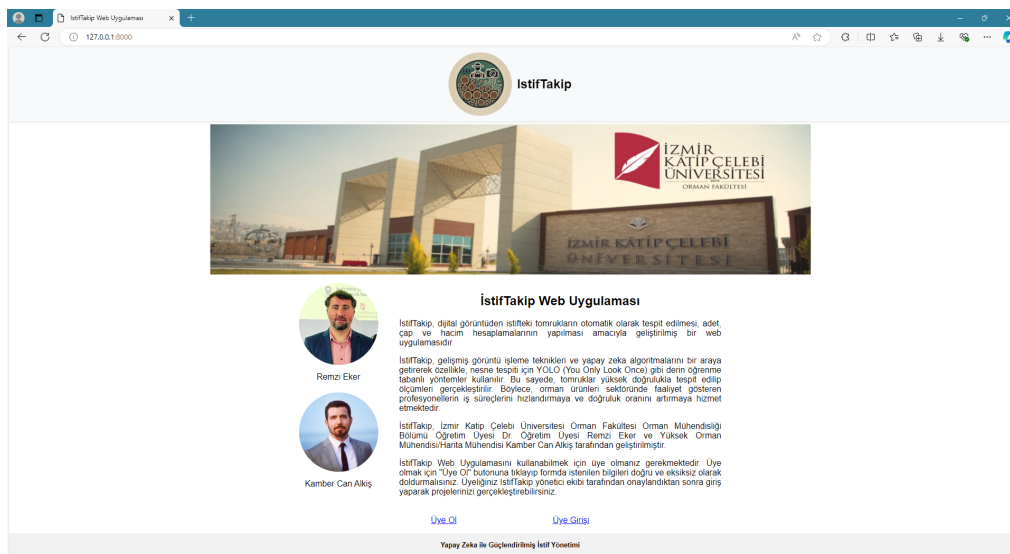
- *Precision-Confidence Curve (Top Left):* The precision remains high and stable above 0.95 for confidence thresholds between 0.5 and 0.9, indicating that the model maintains high accuracy in predicting timber logs at a variety of confidence levels. This stability suggests that the model is not overfitting and is reliable in practical applications where high-confidence predictions are required.
- *Precision-Recall Curve (Top Right):* The Precision-Recall curve shows that the model achieves a balance between these two metrics, stabilizing at a high recall while maintaining strong precision. The drop in precision at lower recall values is expected in models with high precision but reflects that most detected logs are relevant, even if some logs remain undetected at lower thresholds.
- *Recall-Confidence Curve (Bottom Left):* The recall remains stable at high confidence thresholds, ensuring that the model captures a significant portion of true positives while maintaining robustness in real-world conditions. The sharp drop-off after 0.9 confidence indicates that, at extremely high thresholds, the model becomes more conservative in its detections.

- *F1-Confidence Curve (Bottom Right)*: The F1 score, which balances precision and recall, peaks around 0.6 confidence and remains relatively stable, suggesting that this confidence level is the optimal trade-off point for both metrics.

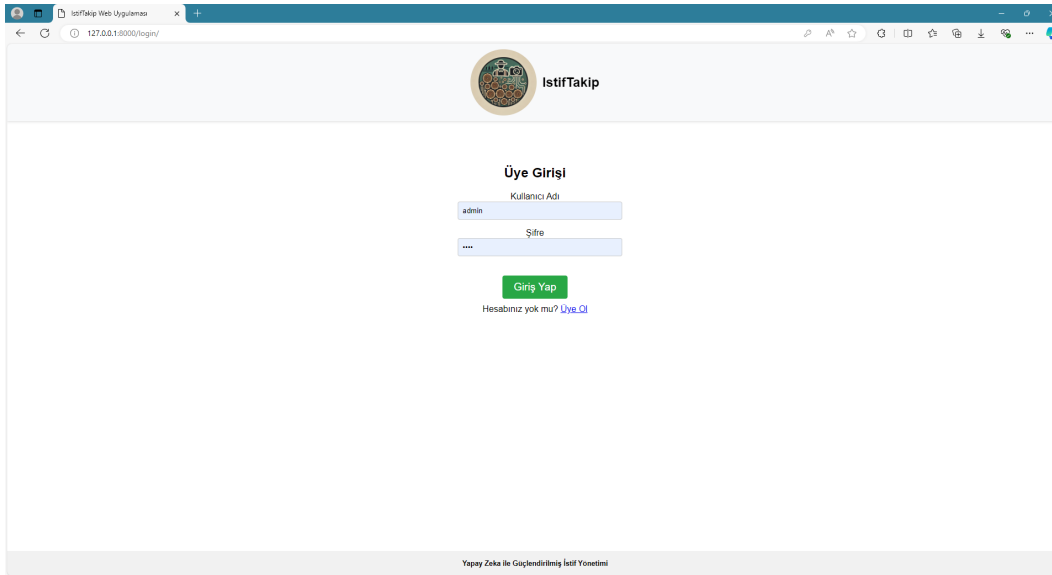
The model exhibits strong stability across various confidence levels, and the F1-Confidence curve provides a clear indication of the optimal confidence threshold for deployment in forestry applications. The precision and recall trade-off, as seen in the Precision-Recall curve, further validates the effectiveness of the model in detecting timber logs with minimal false positives, making it ideal for the İstifTakip web system. Based on all these results given above, his model was selected for integration into the İstifTakip web-based system. Its ability to generalize well across the dataset, with consistently high mAP, precision, and recall, made it ideal for the practical detection of stacked timber logs in a variety of real-world forestry conditions.

### 3.1.2. İstifTakip Web Application

The user interface and related pages developed for the İstifTakip web application are presented here as findings. The application has not yet been made available online. However, when the application is launched, the first screen that appears allows users to either create an account or log in (Figure 11). This page also provides information about the İstifTakip web application. Currently, the application is available only in Turkish, but it will be accessible in other languages once the development process is completed. To create an account, users need to fill out a form, and after their account is approved by the admin, they can log in and start using the application. The login page is shown in Figure 12.

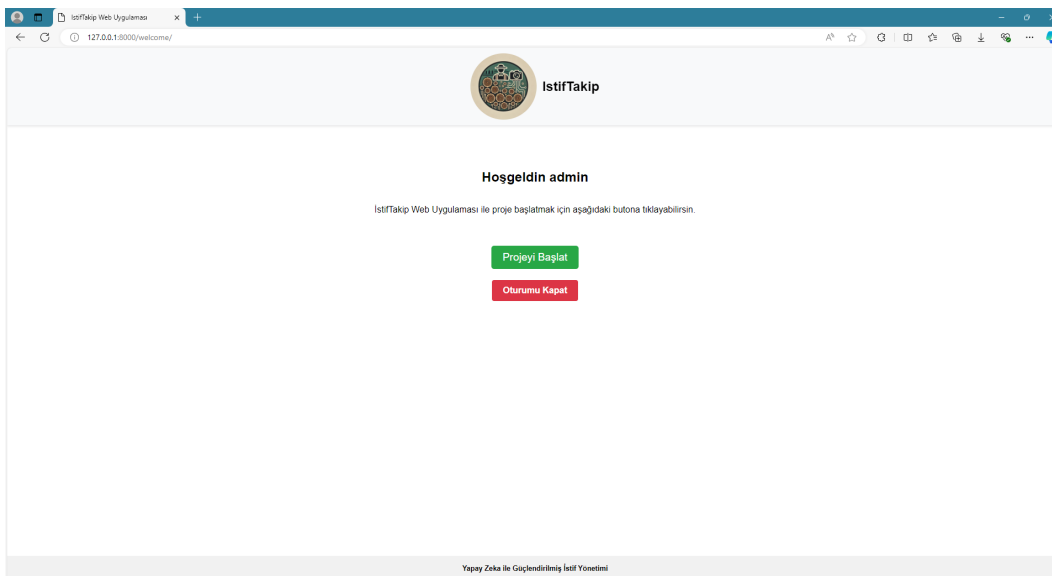


**Figure 11.** Login and registration page of the İstifTakip web application.



**Figure 12.** User login page.

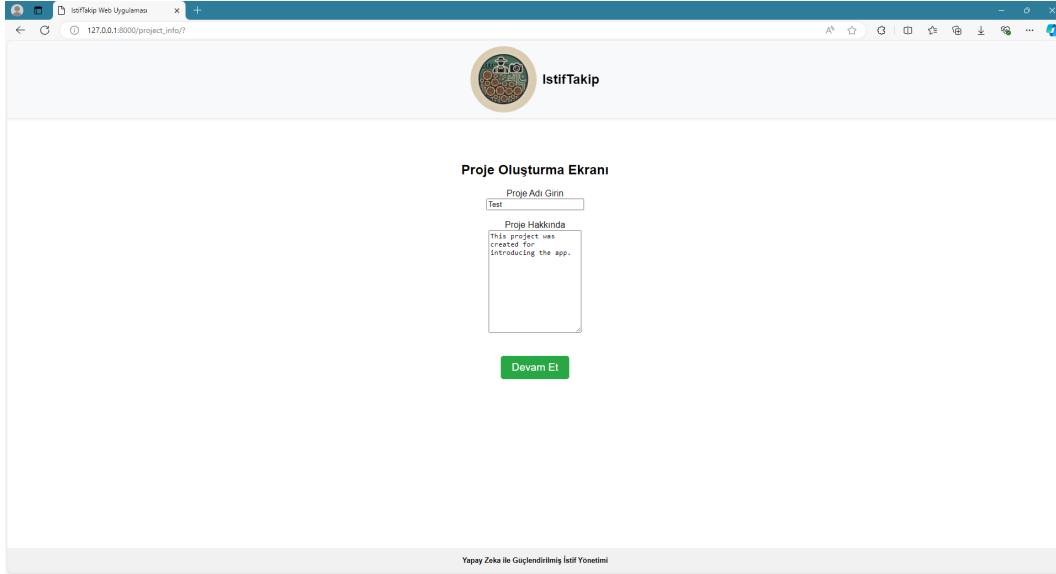
Once the user has logged in, they can access the profile page and start a project (Figure 13). This page also allows the user to log out of the application.



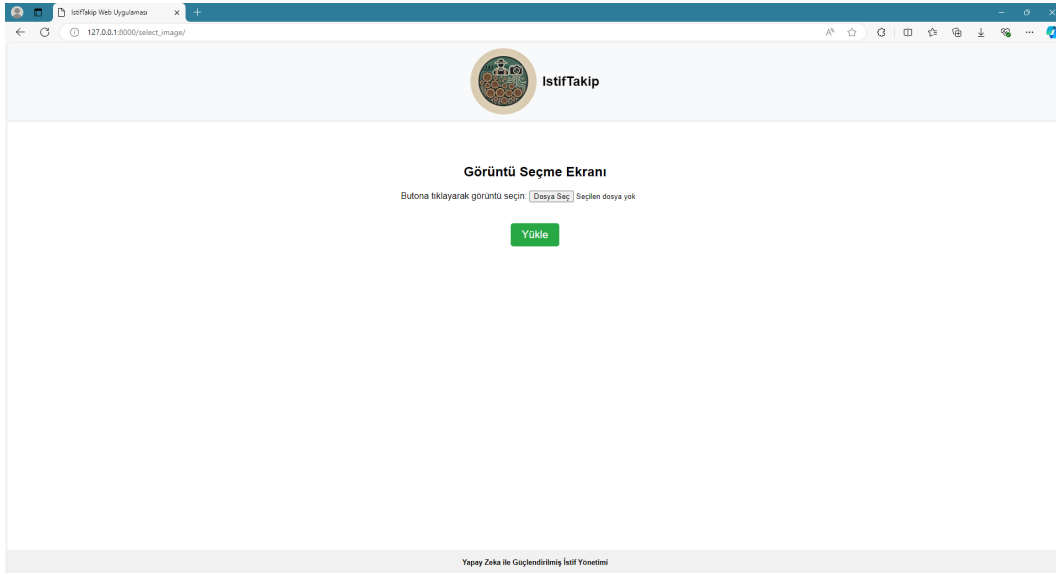
**Figure 13.** Profile page where users can start a new project or log out.

After the user starts a project, they are directed to the project creation screen (Figure 14). This page includes text fields for the project name and description. After entering the necessary information, the user is redirected to a page where they can select an image for the project (Figure 15). The selected image is then uploaded to the server for further processing.





**Figure 14.** Project creation page with fields for project name and description.



**Figure 15.** Image selection page for project setup.

After selecting an image, the user is required to input details about the stack, such as tree species, log length, and stack number. This is done on the page shown in Figure 16. In the next step, the user moves to the page where they can draw a reference line (Figure 17). On this page, the user draws on the selected image using the mouse. Once the reference line is drawn, it is confirmed, and the length is entered in centimeters.

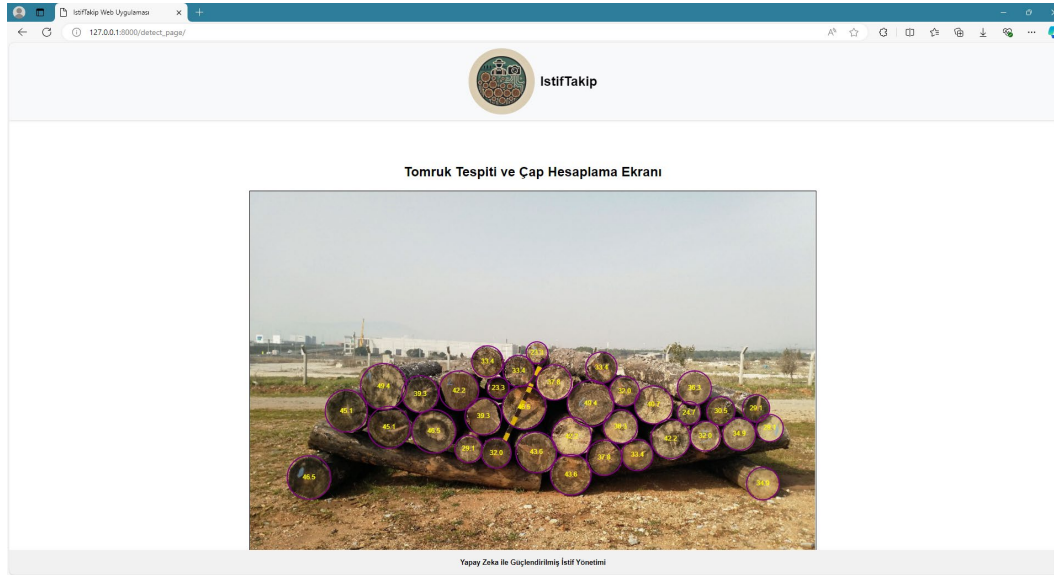
**Figure 16.** Page for entering log details, including tree species, log length, and stack number.



**Figure 17.** Reference line drawing page with a canvas for user input.

After the reference line length is provided, the next page shows the detected logs, marked with circles, along with diameter information (Figure 18). During the transition from the reference line drawing page, the application uses a YOLOv8-based model to detect the logs in the background. The image quality, resolution, and brightness play a significant role in accurately detecting the logs. If the model fails to detect some logs or the circles drawn by the application are inaccurate, the user can manually adjust them. This includes deleting, resizing, moving, or adding new circles using the mouse. A pop-up window appears when the page first opens to inform the user about the circle editing process. The user must visually verify that the logs in the stack are correctly detected and that the circles are drawn in the

correct positions and sizes. Once confirmed, the user can obtain the number, diameter, volume values, and descriptive statistics of the logs in the stack (Figure 19). The user can then download the stack outputs as MS Office Excel or PDF files. Additionally, the user can select new images for other stacks within the project and repeat the same steps to generate reports.



**Figure 18.** Page showing detected logs with circles and diameter information.

24	37.8	0.224
25	29.1	0.133
26	33.4	0.175
27	45.1	0.320
28	46.5	0.340
29	45.1	0.320
30	46.5	0.340
31	29.1	0.133
32	30.5	0.146
33	23.3	0.085
34	23.3	0.085
35	24.7	0.096

**İstatistikler**

Toplam Tomruk Sayısı: 35  
 Toplam Hacim: 7.848 m<sup>3</sup>  
 Minimum Çap: 23.30 cm  
 Maksimum Çap: 49.40 cm  
 Ortalama Çap: 37.99 cm  
 Standart Sapma (Çap): 7.16 cm  
 Minimum Hacim: 0.085 m<sup>3</sup>  
 Maksimum Hacim: 0.383 m<sup>3</sup>  
 Ortalama Hacim: 0.224 m<sup>3</sup>  
 Standart Sapma (Hacim): 0.083 m<sup>3</sup>

[PDF Olarak Kaydet](#) | [Excel Olarak Kaydet](#) | [Yeni Görüntü Seç](#) | [Yeni Proje Başlat](#)

**Figure 19.** Final report page with the number of logs, diameter, volume statistics, and export options.

### 3.2. Discussion

In this study, the *İstifTakip* system, which integrates the YOLOv8 deep learning model, was developed and tested for the detection and measurement of stacked timber logs. The system performed well in terms of precision, recall, and overall detection accuracy, demonstrating its potential for application in real-world forestry operations. One of the key strengths of this study is the integration of the Optuna library for hyperparameter optimization, which sets this work apart from others in the field and contributes significantly to the model's superior performance.

A major differentiator of this study is the use of Optuna for hyperparameter optimization, which allowed for fine-tuning critical model parameters such as learning rate, batch size, momentum, and weight decay. This approach enabled the system to achieve high mAP@0.5 scores, demonstrating its accuracy in detecting timber logs with precise bounding boxes. Compared to traditional methods of hyperparameter tuning, such as grid search or manual tuning, Optuna offers a more efficient and adaptive optimization process. This not only speeds up model training but also ensures better generalization across different datasets and conditions. As the forestry sector increasingly adopts digital technologies, the ability to optimize deep learning models efficiently will become even more critical.

The flexibility and efficiency of Optuna allow *İstifTakip* to adapt to diverse environments, handling varying log sizes, orientations, and stacking configurations. This adaptability is crucial in forestry applications, where environmental factors and image quality can significantly impact detection accuracy. While other studies, such as Casas et al. (2023), applied YOLOv8 without focusing on advanced optimization techniques, our use of Optuna enhances the model's robustness and performance, ensuring higher detection accuracy even in complex scenarios.

When comparing the results of this study with existing research, several key points emerge. Casas et al. (2023) applied the YOLOv8 model for detecting eucalyptus timber logs, achieving a precision of 0.778 and mAP@0.5 of 0.839. In our study, *İstifTakip* achieved comparable detection accuracy, though some challenges were noted in tightly packed log configurations. Similar to the findings of Casas et al., our system encountered difficulties in counting logs in densely stacked images. To address this, future iterations of *İstifTakip* could incorporate video-based detection, as suggested by Casas et al. (2023), which has been shown to significantly reduce counting errors by as much as 12.4%.

On the other hand, Tomczak et al. (2024) evaluated photo-optical measurement systems such as LogStackPro, iFovea, and Timbeter, which reported deviations of 3.37% to 9.08% compared to manual measurements. While this study did not perform a direct comparison between İstifTakip and manual methods, our results demonstrate similar accuracy levels, placing the system on par with these commercial solutions. The deep learning architecture of YOLOv8, optimized with Optuna, provides greater flexibility in handling irregularly shaped logs and non-uniform stacks, which are common in real-world scenarios. It is important to note that this study did not include a direct comparison between the İstifTakip system and manual timber measurement methods. Although manual measurements are often used as benchmarks in forestry applications, the focus of this study was on developing an automated system that could operate independently of manual processes. As such, the results should be interpreted with this limitation in mind. However, future research could explore how the system performs relative to manual methods, providing a more comprehensive evaluation of its accuracy and efficiency.

Additionally, Uçar et al. (2024) tested mobile applications such as iFovea Pro and Timbeter in Turkish forestry for measuring log volumes. While these applications were found to be effective, İstifTakip presents distinct advantages for Turkish forestry. One of the key benefits is that İstifTakip is designed with Turkish language support and interfaces directly with local forestry practices. This is particularly important because forestry professionals in Türkiye may benefit from using a system in their native language, which reduces the learning curve and enhances usability. Moreover, İstifTakip's web-based architecture makes it easy to update and expand, ensuring that it can be quickly adapted to the evolving needs of Turkish forestry. Uçar et al. (2024) also highlighted the potential of mobile applications like iFovea Pro and Timbeter for the Turkish market; however, these apps primarily cater to an international audience, and their user interfaces and functionalities may not fully align with the specific requirements of Turkish forestry operations. In contrast, İstifTakip, being specifically designed with the local market in mind, has the potential to integrate seamlessly with national forestry databases, regulations, and workflows. Its flexibility and openness to further development make it highly adaptable to future forestry needs in Türkiye.

Despite the strong performance of İstifTakip, particularly in image-based detection and volume estimation, there are areas where the system can be further improved. One challenge noted during the study was the difficulty in counting logs in tightly stacked configurations. This is a common issue in timber detection systems. Additionally, the

scalability of the system is another key advantage. The İstifTakip system, with its web-based architecture and deep learning foundation, is well-suited for handling large datasets and providing real-time results. This scalability makes it ideal for large-scale forestry operations where processing speed and accuracy are critical. Moreover, although İstifTakip is currently a web-based application, there are plans for the development of mobile versions in the future. This would further expand its usability, enabling forestry professionals to access the system on-site, making data collection and log detection even more efficient. The introduction of mobile versions would allow for even greater flexibility in the field, where access to a desktop or laptop might not always be feasible. This future development is critical for ensuring that İstifTakip remains a comprehensive and adaptable solution for modern forestry management.

#### **4. Conclusion**

This study presents the development of İstifTakip, a web-based system that uses the YOLOv8 deep learning model to automatically detect and measure stacked timber logs. The system aims to overcome the limitations and inefficiencies of traditional manual measurement methods. The system is optimized through hyperparameter tuning using the Optuna library, which resulted in significant performance improvements, achieving an mAP@0.5 score of 0.8569, with precision and recall values of 0.8513 and 0.8827, respectively. These results highlight the system's robust capability to detect timber logs accurately in various image conditions, demonstrating its effectiveness in real-world forestry applications.

A key contribution of this research is the development of a system specifically designed for Turkish forestry operations. İstifTakip is currently available in Turkish, which provides a significant advantage for local users by reducing the learning curve and integrating smoothly into established workflows. Moreover, the system's design allows for future scalability and adaptability, ensuring that it can meet the evolving needs of the forestry sector. Although the application is currently only available in Turkish, it will be adapted to other languages, starting with English, broadening its accessibility for international users and expanding its potential impact globally.

The use of Optuna for hyperparameter optimization sets this study apart from other timber detection solutions, enabling superior performance by fine-tuning key model parameters. İstifTakip demonstrates strong adaptability, handling variations in log size, orientation, and stacking configuration, which are common challenges in forestry operations.

However, challenges remain in detecting logs within tightly packed configurations, an area where future research and development could focus on enhancing algorithmic precision. Additionally, the planned development of a mobile version will further improve its field usability, enabling real-time timber detection and measurement in on-site forestry operations.

In conclusion, İstifTakip represents a significant advancement in smart forestry solutions, combining deep learning with practical forestry management tools to improve operational efficiency, accuracy, and data management. With its current success in the Turkish market and plans for international language support, İstifTakip holds great potential for transforming timber log management not only in Türkiye but also in broader forestry sectors globally.

### **Acknowledgements**

We would like to express our gratitude to the İzmir Regional Directorate of Forestry for providing the necessary data for this study, which were obtained from the Ulucak Forest Depot. This study was written by the authors in English, with language editing and refinement support provided by OpenAI's ChatGPT language model.

### **References**

- Acar, H. (2004). *Lecture notes on transportation in forestry* (Original in Turkish). Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering.
- Berendt, F., Wolfgramm, F., & Cremer, T. (2021). Reliability of photo-optical measurements of log stack gross volume. *Silva Fennica*, 55(3), Article 10555.
- Buğday, S. E., & Özden, S. (2015). TSE standards in the forest products market in Turkey (Original in Turkish). In D. Toksoy & M. M. Bayramoğlu (Eds.), *IV Symposium on Socio-Economic Issues in Forestry* (pp. 285–297). Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Economics.
- Casas, G. G., Ismail, Z. H., Limeira, M. M. C., da Silva, A. A. L., & Leite, H. G. (2023). Automatic detection and counting of stacked eucalypt timber using the YOLOv8 model. *Forests*, 14(12), Article 2369.
- Dietz, H. U., Jensen, L., & Seeling, U. (2019). Measuring log piles with photo-optical mono camera systems. In *Proceedings of the 52nd International Symposium on Forestry Mechanization (FORMEC) - Exceeding the Vision: Forest Mechanisation of the Future* (p. 302). Sopron, Hungary.

- Eker, R., & Aydın, A. (2020). The use of unmanned aerial vehicle (UAV) for tracking stock movements in forest enterprise depots. *European Journal of Forest Engineering*, 6(2), 68–77.
- Gül, A. U., & Özçelik, R. (2017). Minimizing production costs in forest enterprises using 0-1 integer linear programming (Original in Turkish). In S. Özden (Ed.), *IV National Forestry Congress "Human-Nature Interaction in Forest and Forestry"*, Vol. 2 (pp. 183–192). Turkish Foresters' Association Publications.
- Karha, K., Nurmela, S., Karvonen, H., Kivinen, V. P., Melkas, T., & Nieminen, M. (2019). Estimating the accuracy and time consumption of a mobile machine vision application in measuring timber stacks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 158, 167–182.
- Köse, N., Akkemik, Ü., & Güner, T. (2017). Some old black pine stands in Anatolia that need to be protected (Original in Turkish). In S. Özden (Ed.), *IV National Forestry Congress "Human-Nature Interaction in Forest and Forestry"*, Vol. 2 (pp. 339–349). Turkish Foresters' Association Publications.
- Purfürst, T., de Miguel-Díez, F., Berendt, F., Engler, B., & Cremer, T. (2022). Comparison of wood stack volume determination between different manual, photo-optical, iPad-LiDAR, and handheld-LiDAR-based measurement methods.
- Sonmez, T., Karahan, E., Aksakal, F., & Gencal, B. (2024). Calculation of depot stack volume using UAV technology: A case study of Samsun Tekkeköy Forest Depot (Original in Turkish). *Ağaç ve Orman*, 5.
- Türker, M. F. (2013). *Forestry business economics* (2nd ed., Original in Turkish). Forestry and Nature Conservation Foundation.
- Ucar, Z., Eker, R., Bilici, E., & Akay, A. (2024). Evaluating the use of smartphone applications for log stacks volume measurement in Turkish forestry practices. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 45.
- Unver Okan, S., & Acar, H. H. (2015). Evaluation of possible risk factors in forest depots in terms of occupational health and safety (Original in Turkish). *Süleyman Demirel University Journal of Engineering Sciences and Design*, 3(3), 165–172.
- Vatandaşlar, C. (2021). Forest function or ecosystem service? (Original in Turkish). *Turkish Journal of Forestry*, 22(2), 171–185.
- Yıldırım, H. T. (2017). Evaluation of non-wood forest products production in line with forestry policy objectives in Turkey (Original in Turkish). In S. Özden (Ed.), *IV*



- National Forestry Congress "Human-Nature Interaction in Forest and Forestry"*, Vol. 2 (pp. 31–41). Turkish Foresters' Association Publications.
- Purfürst, T., de Miguel-Díez, F., Berendt, F., Engler, B., & Cremer, T. (2022). Comparison of wood stack volume determination between different manual, photo-optical, iPad-LiDAR, and handheld-LiDAR-based measurement methods.
- Sonmez, T., Karahan, E., Aksakal, F., & Gencal, B. (2024). Calculation of depot stack volume using UAV technology: A case study of Samsun Tekkeköy Forest Depot (original in Turkish). *Ağaç ve Orman*, 5.
- Türker, M. F. (2013). *Forestry business economics* (2nd ed., original in Turkish). Forestry and Nature Conservation Foundation.
- Ucar, Z., Eker, R., Bilici, E., & Akay, A. (2024). Evaluating the use of smartphone applications for log stacks volume measurement in Turkish forestry practices. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 45.
- Unver Okan, S., & Acar, H. H. (2015). Evaluation of possible risk factors in forest depots in terms of occupational health and safety (original in Turkish). *Süleyman Demirel University Journal of Engineering Sciences and Design*, 3(3), 165-172.
- Vatandaşlar, C. (2021). Forest function or ecosystem service? (original in Turkish). *Turkish Journal of Forestry*, 22(2), 171-185.
- Yıldırım, H. T. (2017). Evaluation of non-wood forest products production in line with forestry policy objectives in Turkey (original in Turkish). In S. Özden (Ed.), *IV National Forestry Congress "Human-Nature Interaction in Forest and Forestry"*, Vol. 2 (pp. 31-41). Turkish Foresters' Association Publications.

## Yersel Lidar Verisinden 3DFin Yazılımı ile Ağaçların Göğüs Çapının Belirlenmesi

### Determination of Diameter at Breast Height of Trees from Terrestrial Lidar Data with 3DFin Software

 Hayati Zengin<sup>1</sup>

#### Özet

Göğüs çapı, orman envanterinde ölçülen en yaygın ve en önemli meşcere parametrelerinden birisidir. Orman envanterinde örnek alan içerisindeki tüm ağaçların ölçümü gereklidir. Zor arazi koşullarında envanterin en basit bu işlemi bile zor hale gelmektedir. Bu nedenle gelişen teknolojinin takip edilmesi ve orman envanterine entegrasyonu önemlidir. Yersel lidar tarama ile sağlanan üç boyutlu nokta bulutu verilerinden çeşitli ölçümler yapmak ve göğüs çapı gibi ağaç veya meşcereye ait bazı parametreleri bu verilerden sağlamak mümkün hale gelmektedir. Bu çalışmada Düzce Üniversitesi Yerleşkesi'nde yer alan meşe meşceresinden alınan örnek alan içerisine giren ağaçların çapları önce klasik yöntemle çapölçer vasıtasıyla ölçülmüş ve bulunan değerler daha sonra lidar verisinden hesaplanmış değerlerle karşılaştırılmıştır. Lidar verisinde tek ağaç bazında manuel ölçümler kolayca yapılabilmeyle birlikte örnek alan bazındaki çalışmalarda süreci otomatik hale getiren araçlar kullanmak verimliliği artırmaktadır. Bu çalışmada da nokta bulutundan ağaçların göğüs çaplarının belirlenmesi 3DFin yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda çap ölçer ve lidar ölçümleri arasında %95 güven düzeyinde anlamlı farklar bulunmadığı doğrulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Göğüs çapı, Nokta bulutu, Orman envanteri, Yersel lidar.

#### Abstract

Diameter at breast height is one of the most common and important stand parameters measured in forest inventory. In forest inventory, it is necessary to measure all trees within the sample area. In difficult terrain conditions, even this simple process of inventory becomes difficult. Therefore, it is important to follow the developing technology and integrate it into forest inventory. It is becoming possible to make various measurements from three-dimensional point cloud data provided by terrestrial lidar scanning and to provide some parameters of the tree or stand such as diameter at breast height from these data. In this study, the diameters of the trees within the sample area taken from the oak stand located in Düzce University Campus were first measured with a compass using the classical method and the values found were then compared with the values calculated from the lidar data. Although manual measurements can easily be made on a single tree basis in lidar data, using tools that automate the process in sample area-based studies increases efficiency. In this study, the determination of the diameter at breast height of trees from the point cloud was performed using 3DFin software. As a result of the analysis, it was confirmed that there were no significant differences between compass and lidar measurements at 95% confidence level.

**Keywords:** Diameter at breast height, Point cloud, Forest inventory, Terrestrial lidar.

## 1. Giriş

Ormanlar, ağaç türleri ile alt tabaka yanında çeşitli biyolojik bileşenler ve aralarındaki ekolojik ilişkiler ile karakterize edilen karmaşık ekosistemlerdir. Bu ekosistemlerde yapılacak olan envanter, orman kaynaklarının doğru bir şekilde ölçülmesini zorlaştıran çeşitli faktörler nedeniyle karmaşık ve zorlu bir süreçtir. Ayrıca, ormanın sürdürülebilirliği ile ilişkili sosyal ve ekonomik faktörler de ölçülmesi ve envanter değerlendirmelerine dahil edilmesi zor olan diğer karmaşık katmanlar ekleyerek süreci daha zor hale getirmektedir (Straka ve Layton, 2010). Bunun yanında, iklim değişikliği bağlamında orman ekosistemlerinin sürekli izlenmesi ihtiyacı, orman envanteri çalışmalarına bir başka katman daha eklemektedir. Ormanlar çevresel değişimler nedeniyle dönüşüm geçirdikçe, doğru ve güncel envanterlerin tutulması etkili yönetim ve politika formülasyonu için kritik hale gelmektedir (Ivanova vd., 2022). Orman ekosistemlerinin dinamik yapısını anlayabilmek ve yönetebilmek için karar verme süreçlerine zamanında veri sağlayabilen metodolojiler geliştirilmesi gerektirmektedir (Fitts vd., 2020).

Bir orman işletmesinin planlanması için gerekli zamanın ve giderlerin büyük kısmı envanter ve bilgi toplama çalışmaları için harcanmaktadır. Orman envanteri, sürdürülebilir orman yönetiminin kritik bir bileşeni olup ekolojik, ekonomik ve sosyal amaçlar için gerekli verileri sağlar. Ülkemizde orman envanterinin önemli bileşenlerinden bir tanesi de ağaç serveti ve artımı envanteridir. Geniş ormanlık alanlarda bu envanteri yürütmek geleneksel yöntemlerle oldukça zor ve zaman alıcıdır. Özellikle eğimli ve diri örtünün yoğun olduğu alanlarda örneklemenin lojistik zorlukları ve kapsamlı incelemeler için gereken yoğun iş yükü, genellikle kapsamlı veri toplanmasını engellemektedir.

Göğüs çapı, orman envanterinde ölçülen en yaygın ve en önemli meşcere parametrelerinden birisidir. Ağaç boyutunu, sağlığını ve genel orman yapısını değerlendirmek için temel bir parametre olarak hizmet etmenin yanı sıra meşcere hacmini, verimliliğini ve karbon depolama potansiyelini anlamak için büyük önem taşır. Göğüs çapının güvenilir bir şekilde ölçülmesi, orman yönetimi ve ekolojik değerlendirmeler için çok önemli olan ağaç boyu ve odun hacminin güvenilir bir şekilde tahmin edilmesini sağlar (Ravaglia vd., 2019; Hui, 2024). Ağaç serveti envanterinde bir örnek alandaki 8 cm den daha kalın tüm ağaçların göğüs çapı ( $d_{1.3}$ ) ölçülmektedir. Göğüs çapı ve ağaç boyu arasındaki ilişki, bu ölçümleri yaprak alanı ve biyokütle gibi diğer önemli değişkenlere bağlayan alometrik modeller geliştirmek için sıklıkla kullanılır (Ravaglia vd., 2019; Özçelik vd., 2009). Bu ilişki, ağaç boyunun kolayca ölçülemediği durumlarda özellikle önemlidir (Ige

vd., 2013). ap lümleri orman yapısını ve tür çeşitliliğini anlamının ayrılmaz bir parçası olarak ekolojik bir öneme sahip olduğu gibi ağaçlardan elde edilecek çeşitli yuvarlak odun çeşitlerinin (tomruk, direk vb.) hacimlerinin hesaplanması ve orman kaynaklarının ekonomik değerinin analiz edilmesi için gerekli bir araç olarak da kullanılır (Räty vd., 2023).

Uzaktan algılama alanındaki teknolojik gelişmeler, orman envanteri süreçlerini iyileştirilmesinde yeni yollar sağlayarak örnekleme verimliliğinin ve doğruluğunun artırılmasına yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda Lidar (Light Detection and Ranging) teknolojisi, ormancılık uygulamalarında önemli bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Lidar'ın çoklu geri dönüş özelliği, yoğun tepe yapısına nüfuz etmesini, tepe taları ve gövdeleri de dahil olmak üzere ağaçlar hakkında ayrıntılı yapısal bilgileri yakalamasını sağlamaktadır. Bu özellik, geleneksel ölçüm tekniklerinin kullanımının zor olduğu veya erişilemezlik nedeniyle zorlanılan orman alanlarında özellikle faydalıdır (Chang vd., 2015). Lidarla sağlanan 3D nokta bulutu verilerinde boy ölçümleri yanında, ağaç gövdelerine geometrik modeller uyduran gelişmiş algoritmalar aracılığıyla göğüs çapının doğrudan ölçümü kolaylaşmaktadır. Örneğin, lidar verilerinden göğüs çapını doğru bir şekilde tahmin etmek için silindir uydurma (circle fitting) teknikleri uygulanarak geleneksel manuel ölçümlerle karşılaştırılabilir yüksek hassasiyet seviyelerine ulaşıldığı belirtilmektedir. (Wieser vd., 2017; Feng vd., 2022).

Lidar teknolojisi farklı platformlarda kullanılabilir. Lidar teknolojisi önemli ölçüde gelişmiş ve bu da kullanımı için çeşitli platformların geliştirilmesine yol açmıştır. Bu platformlar, her biri belirli kullanım durumları ve ortamlar için uygun olan hava sistemlerinden karasal ve mobil uygulamalara kadar uzanmaktadır. Havadan lidar sistemleri, genellikle büyük ölçekli topografik haritalama ve bitki örtüsü analizi için uygundur. Bu sistemler geniş alanları hızlı ve verimli bir şekilde yakalayabilmekte, bu da onları orman envanteri ve biyokütle tahmini gibi uygulamalar için ideal hale getirmektedir. Havadaki sistemlere ek olarak, karasal lidar platformları da özellikle şehir ve ormancılık uygulamalarında ilgi görmeye başlamıştır. Sabit konumlu veya mobil olabilen bu sistemler, yapıların ve peyzajların ayrıntılı taranmasına olanak tanımaktadır. Lidar ölçümlerinin bir diğer avantajı da ağaçta veya çevresinde fiziksel değişiklikler gerektirebilecek geleneksel yöntemlerin aksine, ağaçların kendilerine etki etmeden veri toplanmasına ve tahribatsız ölçümler yapılmasına olanak tanınmasıdır (Burt vd., 2021; Delagrang vd., 2014). Bu şekilde ağaçları kesmeye gerek kalmadan gövdenin üst kısımlarındaki çapları ölçmek mümkün olabilir.

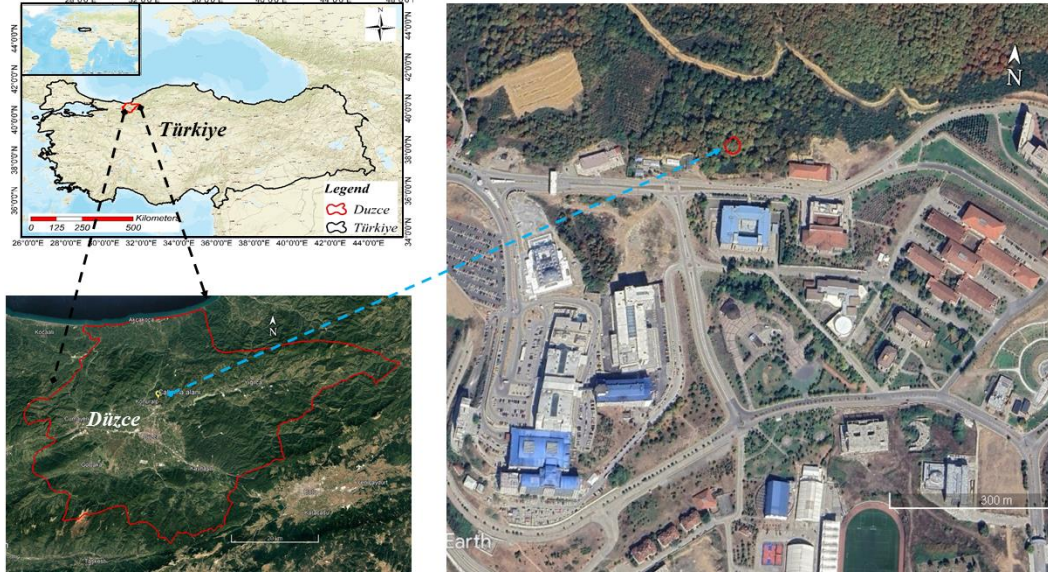
Farklı platformlardan sağlanan lidar verilerinin farklı avantajları vardır. Yersel Lidar ağaç yapılarının ayrıntılı üç boyutlu (3D) gösterimlerini sağlayarak, ağaç yüksekliği, taç boyutları ve diğer kritik parametrelerin doğru ölçümlerine olanak tanır. Bu alanda yapılan çalışmalar, yersel lidarın mesafe ölçümlerinde yüksek bir çözünürlük elde edebildiğini ve bu sayede gövde ve dal yapıları gibi ağaç mimarisinin karmaşık ayrıntılarını yakalamak için özellikle etkili olduğunu göstermiştir (Kuo vd., 2019; Zhao vd., 2015; Wang vd., 2020). Ayrıca, havadan lidara kıyasla karasal lidar tarafından üretilen daha yoğun nokta bulutları, araştırmacıların özellikle havadan yapılan araştırmalarda genellikle gizlenen alt tabakadaki ağaçlar için daha hassas veriler elde etmelerini sağlamaktadır (Bazezew vd., 2021).

Bununla birlikte, lidarla ilgili en büyük kısıtlardan birisi lazer darbeleri ile ağaç gölgelikleri arasındaki karmaşık etkileşimler nedeniyle ölçüm hatalarının ortaya çıkma potansiyelidir. Örneğin, yoğun ormanlık alanlarda lazer darbeleri yapraklar ve dallar tarafından engellenebilir, bu da yanlış ölçümlere yol açabilir (Calders vd., 2014; Bazezew vd., 2021). Bir diğer zorluk da karasal lidar sistemlerini etkin bir şekilde çalıştırmak için özel ekipman ve uzmanlık gerekliliğidir. Veri işleme ve analizinin karmaşıklığı, bazı araştırma ekipleri veya kuruluşlar için engel teşkil edebilecek gelişmiş yazılım ve kalifiye personel gerektirmektedir (Dassot vd., 2011). Ayrıca, lidar ekipmanı edinme ve bakım maliyeti, özellikle daha küçük araştırma girişimleri veya kurumları için engelleyici olabilmektedir. (Dassot vd., 2011).

Bu çalışmada Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi'nde yer alan meşe meşceresinde örnekleme yapılarak yersel lidarla elde edilen göğüs çapı değerleri ile klasik yöntemle elde edilen çap değerleri karşılaştırılmış ve aralarında anlamlı fark olup olmadığı incelenmiştir. Bu şekilde yersel lidar ile çap ölçümlerinin tutarlılığı anlaşılmasına çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışma Düzce Üniversitesi Yerleşkesi'nde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Yerleşke içerisinde bulunan meşe meşceresinde alınan 800 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki örnek alanda 29 adet ağaçta ölçüm yapılmıştır.



**Şekil 1.** Çalışma alanının konumu.

Çalışma alanındaki ağaçların yaşı 80-100 arasında değişmekte olup meşcere tipi Mc2' dir. Yamaç eğimi ortalama %20 dir. Alanda meşe ağaçları dışında funda ve akçakesmeler ile göğüs çapı 8 cm den düşük meşe gençlikleri de alt tabaka olarak yer almaktadır. Çalışmada ağaçlara ait 3D nokta bulutu verisinin elde edilmesinde Geoslam Zeb-Horizon yersel lidar tarayıcısı kullanılmıştır. Nokta bulutunun ön işleminde Faro Connect viewer, diğer analizlerde ise CloudCompare ve 3DFin yazılımından faydalanılmıştır.

### 2.1. Veri Toplama

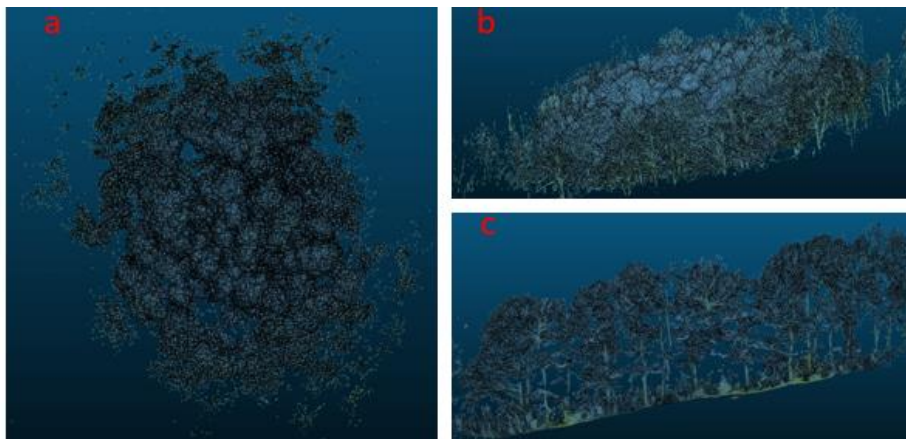
Örnek alan içerisine giren tüm ağaçlara numara verilmiş, bu numaraların lidar verilerinde algılanabilmesi için üç boyutlu rakamlar ağaçların göğüs yüksekliklerinin hemen üzerine asılmıştır (Şekil 2). Bu şekilde lidar verileri ile arazideki ağaçların eşleştirilmesi kolaylaşmıştır. Ağaçlara numaralar asıldıktan sonra her bir ağacın göğüs çapı ölçüm ilkelerine dikkat edilerek ölçülmüş ve örnek alan karnesine kaydedilmiştir. Klasik yöntemle göğüs çapı ölçümünden sonra yersel lidar ile tarama yapılmıştır. Bu tarama işleminde örnek alandaki ağaçların hepsini farklı yönlerden görecektir şekilde örnek alan içerisinde ve etrafında gezilmiştir. Lidar tarama ile sağlanan veriler analiz edilmek ve klasik yöntemle ölçülen çap değerleri ile karşılaştırılmak üzere USB bellek ile bilgisayar ortamına taşınmıştır.



**Şekil 2.** Üç boyutlu rakamlar ile ağaçlara numara verilmesi.

## 2.2. Lidar verilerinin Ön İşlemesi ve Analizi

Ham lidar verileri Faro Connect viewer programında açılarak gürültüler (çalışma alanına ait olmayan noktalar) giderilmek üzere filtrelenmiş ve laz formatında kaydedilerek diğer programlarda analiz edilmek üzere dışa aktarılmıştır. Bu veriler CloudCompare programında açılarak analiz edilmiştir (Şekil 3). Öncelikle örnek alan içerisindeki ağaçların kalmasını sağlayacak şekilde veri kesilmiş ve küçültülmüştür. Bu işlem, örnek alan etrafında izlenen rota kullanılarak ve bu rotayı içine alacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Veride hala örnek alan dışındaki ağaçlar yer alsada örnek alan içerisindeki ağaçlar örnek alan sınırı ve üzerlerine asılan numaralar incelenerek lidar görüntüsünde ayırt edilmiştir.



**Şekil 3.** Çalışma alanının a) üstten b) yandan c) enine kesit görünümü.



**Şekil 4.** Lidarla taramada kullanılan rota ile örnek alan içerisine giren ağaçların üstten ve yandan görünümü.

### 2.3. Göğüs Çaplarının 3DFin Yazılımı ile Belirlenmesi

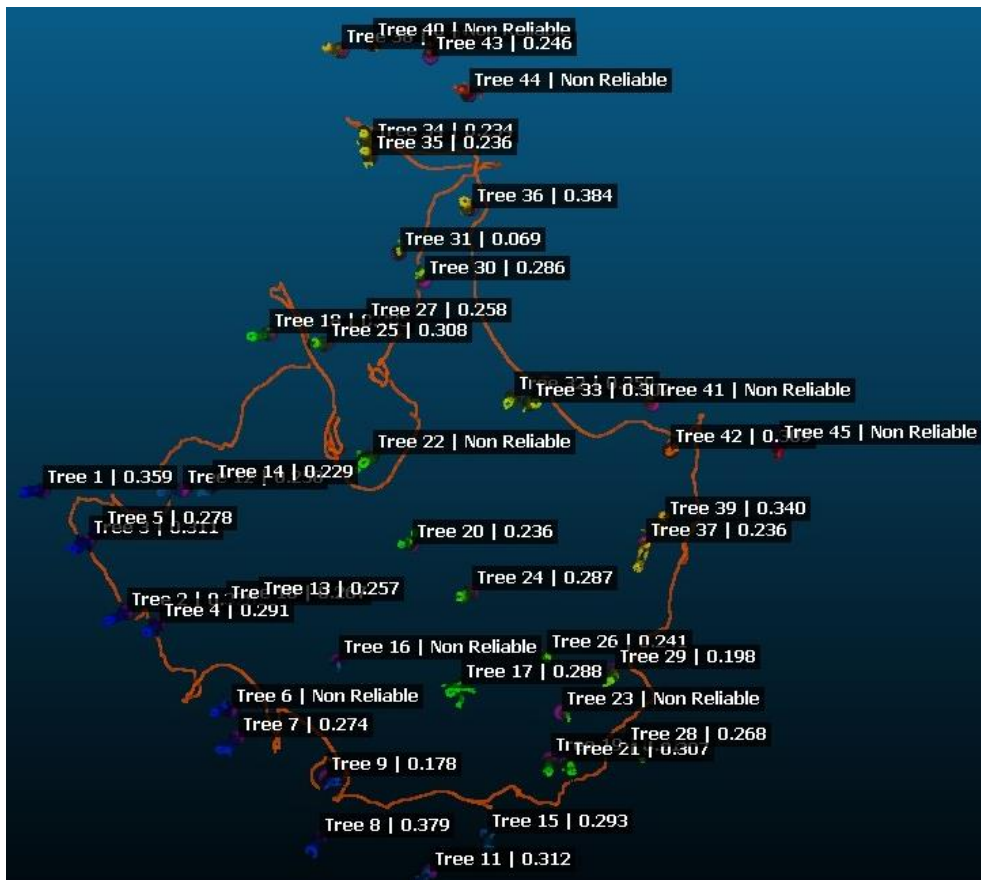
CloudCompare programında ağaç boyu ve çapı gibi uzunluk ölçüleri veya iki nokta arasındaki uzunluk bilgisi programın araçları vasıtasıyla manuel olarak sağlanabilmektedir. Bununla yanında daireye uydurma (circle fitting) yaklaşımlarıyla daireye benzer (gövde kesiti gibi) şekiller en uygun daireye dönüştürülerek çapları ölçülebilmektedir. Bu işlemler tek ağaç bazında kolay ve kısa zamanda yapılabilmeyle birlikte bir veya daha fazla örnek alanı kapsayacak şekilde çok sayıda ağaçta ölçüm gerektiğinde zorlaşmakta ve bunu otomatik şekilde gerçekleştiren araçlara ihtiyaç duyulmaktadır.

3DFin yersel nokta bulutlarında ağaçları algılamak ve bu ağaçlara ait envanter verisi sağlamak amacıyla geliştirilmiş kullanıcı dostu bir yazılımdır (Leino et al. 2024). Ağaç boyu, göğüs çapı ve ağaç konumu gibi temel envanter parametrelerinin otomatik olarak hesaplanmasında kullanıcılara yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada da örnek alan içerisindeki göğüs çapları 3DFin yazılımı ile elde edilmiştir. Bu yazılım CloudCompare programına entegre edilebilmekte veya bağımsız olarak çalıştırılabilmektedir. Bu programda öncelikle nokta bulutu normalize edilmiş gerekli parametreler ayarlanarak lidar görüntüsündeki ağaçlara ait envanter verileri MS-Excel dosyası olarak kaydedilmiştir. Program, ağaç gövdelerinin bitişiğinde diri örtü gibi görünümünü çok kısıtlayan etkenlerin bulunması durumunda ağaçları algılamasına rağmen güvenilir veri oluşturamamakta ve bunu raporlamaktadır. Bazen de ölçüm çapına ulaşmamış genç bireyleri ağaç olarak algılayarak örnek alanda olandan daha fazla ağaç belirlemesine rağmen bunlar için de güvenilir veri oluşturamamaktadır. Ağaçlara asılan rakamlardan faydalanılarak bu durumun bir karışıklığa yol açmaması sağlanmıştır. 3DFin yazılımı ile ağaç boyu ve konumu gibi bilgiler de sağlanabilmekle birlikte bu çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir.



### 3. Bulgular ve Tartışma

Klasik yöntemle örnek alanda 30 adet ağaçta göğüs çapı ölçülmesine rağmen 3DFin yazılımıyla bazı ince ağaçların da algılanması ile bu sayı artmış, bunun yanında bir ağaçta, ağacın dip tarafında yoğun diri örtü bulunması nedeniyle güvenilir bir çap verisi oluşturamadığından bu ağaç analizlerden çıkarılmıştır. Toplam 29 adet ağaçta klasik yöntem ve Lidar verisinden elde edilen göğüs çapı değerleri Eşleştirilmiş Örnekler t Testi ile karşılaştırılmıştır. 3DFin yazılımı ile analiz edilen lidar görüntüsünde 45 adet ağaç algılanmıştır. Bu ağaçlardan 13 adeti örnek alan dışında, iki tanesi örnek alan içerisinde olup 8 cm den daha küçük çapa sahiptir (Şekil 5).



**Şekil 5.** 3DFin yazılımı ile lidar verilerinden elde edilen ağaçların göğüs çapı ve konumları.

Çapölçer ile elde edilen göğüs çapları 21.2 cm ile 33.1 cm arasında değişmekte olup, ortalama çap 27.33 cm dir. Bu ölçümlerin standart sapması 3.43 dür. Lidar ile elde edilen veriler ise daha geniş bir aralıkta değişmiş ve 17.8 cm ile 38.4 cm arasında değerler ölçülmüş olup, standart sapması 4.42 dir. Bu ölçümlerin ortalaması klasik yöntemle yakın bir değer olarak 27.23 cm dir. Farklı yöntemlerle elde edilen çap değerleri Çizelge 1' de, bunlara ilişkin tanımlayıcı istatistikler de Çizelge 2 de verilmiştir.

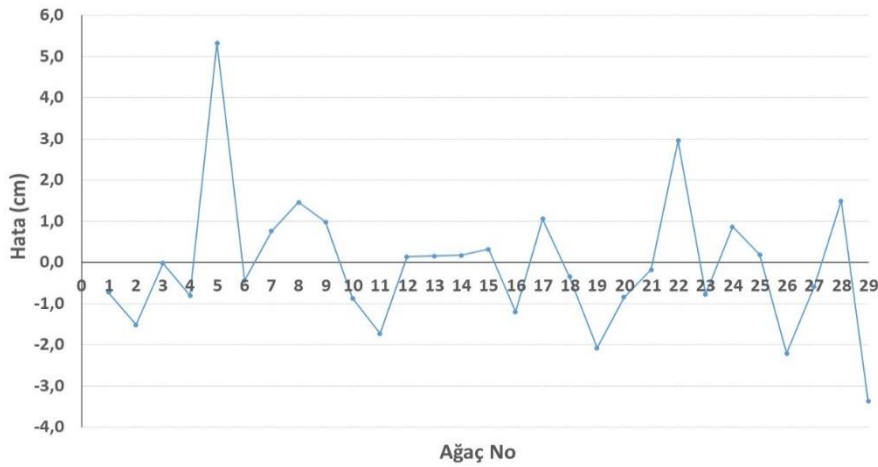
**Çizelge 1.** Farklı yöntemlerle elde edilen göğüs çapı değerleri.

Ağaç No	Lidar No	Göğüs Çap (cm)		Ağaç No	Lidar No	Göğüs Çap (cm)	
		Çapölçer	Lidar			Çapölçer	Lidar
1	T25	31.5	30.8	16	T17	30.0	28.8
2	T27	27.3	25.8	17	T26	23.0	24.1
3	T32	25.9	25.9	18	T13	26.0	25.7
4	T33	31.0	30.2	19	T14	25.0	22.9
5	T36	33.1	38.4	20	T12	26.6	25.8
6	T35	24	23.6	21	T5	28.0	27.8
7	T34	22.6	23.4	22	T3	28.1	31.1
8	T39	32.5	34.0	23	T30	29.4	28.6
9	T42	29.9	30.9	24	T4	28.2	29.1
10	T37	24.5	23.6	25	T20	23.4	23.6
11	T29	21.5	19.8	26	T19	23.8	21.6
12	T18	28.4	28.5	27	T21	31.3	30.7
13	T2	31.8	32.0	28	T7	27.2	27.4
14	T11	31.0	31.2	29	T9	21.2	17.8
15	T28	26.5	26.8				

**Çizelge 2.** Farklı yöntemlerle elde edilen göğüs çapı verilerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler.

Yöntem	N	Minimum	Makimum	Ortalama	Std. Sapma
Çapölçer	29	21.20	33.10	27.3345	3.43940
Lidar	29	17.80	38.40	27.2828	4.43195

Çapölçer ile yapılan ölçümler gerçek kabul edilerek, lidar ölçümlerinin bu ölçümlerden farkı olarak hata miktarları değerlendirildiğinde pozitif en yüksek hata 5.3 cm olarak 5 nolu ağaçta ortaya çıkmıştır. Negatif en yüksek hata ise 29 nolu ağaçta oluşmuş ve lidarla göğüs çapı 3.6cm daha düşük ölçülmüştür (Şekil 6).

**Şekil 6.** Ağaç bazında lidarla ölçülen çapların çapölçer ölçümlerinden farkları.

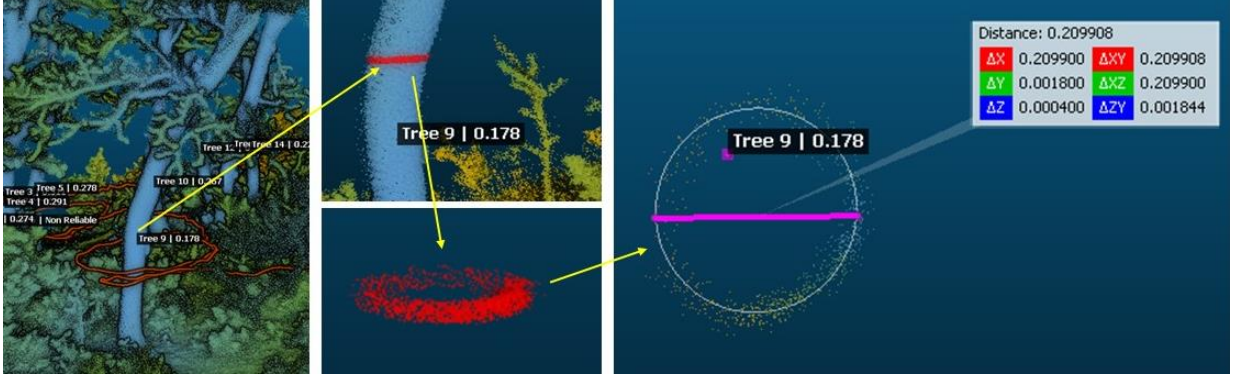
15 adet ağaçta negatif hata oluşurken, 13 ağaçta pozitif hata oluşmuş, bir adet ağaçta ise her iki yöntemle de aynı değerler ölçülmüştür. Çalışmada ortalama mutlak hata (Mean Absolute Error) 1.16 cm, Ortalama karekök hatası (RMSE) 2.63 cm ve Bağıl ortalama karekök hatası (RRMSE) 0.332 bulunmuştur. RMSE'nin MAE'den daha büyük olması ve RRMSE'nin %30'un üzerinde olması, modelin zaman zaman büyük hatalar yaptığını ve tahmin doğruluğunun iyileştirilebileceğini göstermektedir.

Çap ölçer ve Lidar verilerinden belirlenen göğüs çapı değerleri arasında fark olup olmadığı Eşleştirilmiş Örnekler t Testi ile analiz edilmiş ve bu analize ilişkin bulgular Çizelge 3 de verilmiştir. %95 güven aralığında sig (2 tailed) değeri 0.05 den büyük çıkmıştır ( $p=0.868$ ). Bu durum çap ölçer ve lidar ölçümleri ortalamaları arasında önemli fark olmadığını göstermektedir. Vatandaşlar ve Zeybek (2020) de yaptıkları çalışmada tek ağaçlarda yersel lidar ve çap ölçerle elde ettikleri veriler arasında anlamlı bir bulamadıklarını belirtmişlerdir.

### Çizelge 3. Eşleştirilmiş Örnekler t Testi sonuçları.

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Lidar- Çapölçer	-.05172	1.65457	.30725	-.68109	.57764	-.168	28	.868

Lidarla ölçülen değerlerin çapölçer değerlerine göre en farklı olduğu ağaçlar (5 ve 29) bireysel olarak incelenmiş göğüs çapları lidar verisinden manuel olarak belirlenmiştir. Bu amaçla ağaçların göğüs yüksekliğinden ince (2cm) bir görüntü dilimi alınmıştır. Gövdeyi çevreleyen bu nokta bulutuna silindire uydurma algoritması uygulanarak en uygun silindir ve bunun çapı belirlenmiştir. Bu işlemin aşamaları da Şekil 7 de gösterilmiştir. Manuel şekilde uygulanan bu yaklaşımla çap ölçer verilerine yakın değerler bulunmuştur. Şekil 7 de gösterildiği gibi lidar görüntüsünde Tree 9, yersel ölçümlerde ise 29 numara ile gösterilen ağacın çapı 20.99cm olarak ölçülmüştür. Bu farklılık 3DFin algoritmasından kaynaklanmaktadır. Eğer ağaçların etrafında nokta bulutu oluşturmayı engelleyen diri örtü veya gençlik varsa veya 29 nolu ağaçta olduğu gibi gövdenin ölçüm yerine yakın bir yerden itibaren eğrilik bulunması ve düz bir hat boyunca ilerlememesi silindir oluşturmayı güçleştirmekte ve hatalara yol açabilmektedir.



Şekil 7. Lidar verisinde göğüs çapının manuel olarak ölçülmesi.

#### 4. Sonuçlar

Yersel lidar detay, doğruluk ve tahribatsız ölçüm yetenekleri açısından önemli avantajlar sunarken, çevresel koşullar, işlem karmaşıklığı ve maliyetle ilgili zorlukları da beraberinde getirmektedir. Bu faktörlerin anlaşılması, bu teknolojiyi ağaç ölçümlerinde etkin bir şekilde kullanmayı amaçlayan araştırmacılar ve uygulayıcılar için önemlidir. Ağaç boyu bilgisi sağlama, yoğun tepe yapılarına nüfuz etme ve gelişmiş algoritmalar aracılığıyla doğrudan ölçümleri kolaylaştırma yeteneği, lidar teknolojisini çağdaş ormancılık araştırma ve yönetiminde vazgeçilmez bir araç haline getirmektedir. Lidar verilerinden birçok metrikler elde etmek mümkün olmakla birlikte bu çalışmada sadece göğüs çaplarını yeterli doğrulukta ölçme potansiyeli üzerine odaklanılmıştır. Göğüs çapı; ağaç hacmi, biyokütle ve orman yapısının tahmin edilmesindeki kritik rolü nedeniyle orman envanterinde ölçümü gereken temel bir parametredir. Lidar teknolojisi, orman envanter süreçlerini geliştiren doğru, yüksek çözünürlüklü veriler sağlayarak göğüs çapı ölçümünde de çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada meşe ağaçlarında yapılan ölçümlerde lidar ve çapölçer verileri aralarında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan 3DFin yazılımının da orman yapısına ait nokta bulutu verilerini değerlendirmede oldukça etkin olduğu görülmüştür. Bununla birlikte farklı yapıya sahip meşcereler için araştırmalara devam edilmesi gerekir. Nokta bulutunda belirli iki nokta arasını kolayca ölçmek mümkün olmakla birlikte orman envanteri amacıyla süreçleri otomatik hale getirecek yazılımlar lidar verilerinin potansiyel kullanımını daha da artıracaktır.

## Kaynaklar

- Bazew, M., Hussin, Y., Kloosterman, E., Ismail, M., Soromessa, T., and Adan, M. (2021). Factual approach for tropical forest parameters measurement and monitoring: future option with a focus on synergetic use of airborne and terrestrial lidar technologies. *International Journal of Remote Sensing*, 42(9), 3219-3230.
- Burt, A., Vicari, M., Costa, A., Coughlin, I., Meir, P., Rowland, L., and Disney, M. (2021). New insights into large tropical tree mass and structure from direct harvest and terrestrial lidar. *Royal Society Open Science*, 8(2). <https://doi.org/10.1098/rsos.201458>
- Calders, K., Newnham, G., Burt, A., Murphy, S., Raumonon, P., Herold, M., and Kaasalainen, M. (2014). Nondestructive estimates of above-ground biomass using terrestrial laser scanning. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(2), 198-208.
- Chang, A., Jung, J., & Kim, Y. (2015). Estimation of forest stand diameter class using airborne lidar and field data. *Remote Sensing Letters*, 6(6), 419-428.
- CloudCompare. (2024). *CloudCompare (Sürüm V2.13.1)* [GPL lisanslı bilgisayar yazılımı]. <https://www.cloudcompare.org>
- Dassot, M., Constant, T., & Fournier, M. (2011). The use of terrestrial lidar technology in forest science: application fields, benefits and challenges. *Annals of Forest Science*, 68(5), 959-974.
- Delagrang, S., Jauvin, C., & Rochon, P. (2014). Pypetree: a tool for reconstructing tree perennial tissues from point clouds. *Sensors*, 14(3), 4271-4289.
- Laino, D., Cabo, C., Prendes, C., Janvier, R., Ordonez, C., Nikonovas, T., Doerr, S., & Santin, C. (2024). 3DFin: A software for automated 3D forest inventories from terrestrial point clouds. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 97(4), 479–496.
- Feng, B., Nie, S., Wang, C., Xi, X., Wang, J., Zhou, G. and Wang, H. (2022). Exploring the potential of uav lidar data for trunk point extraction and direct dbh measurement. *Remote Sensing*, 14(12), 2753.
- Fitts, L., Russell, M., Domke, G., & Knight, J. (2020). Modeling land use change and forest carbon stock changes in temperate forests in the United States. *Carbon Balance Management*, 16(20).
- Hui, Z. (2024). A reliable dbh estimation method using terrestrial lidar points through polar coordinate transformation and progressive outlier removal. *Forests*, 15(6), 1031.

- Ige, P., Akinyemi, G., and Smith, A. (2013). Nonlinear growth functions for modeling tree height–diameter relationships for *Formelina arborea* (roxb.) in south-west nigeria. *Forest Science and Technology*, 9(1), 20-24.
- Ivanova, N., Fomin, V., Kusbach, A. (2022). Experience of Forest Ecological Classification in Assessment of Vegetation Dynamics. *Sustainability*, 14(6), 1-11.
- Kuo, K., Itakura, K., & Hosoi, F. (2019). Leaf segmentation based on k-means algorithm to obtain leaf angle distribution using terrestrial lidar. *Remote Sensing*, 11(21), 2536.
- Özçelik, R., Brooks, J., Diamantopoulou, M., & Wiant, H. (2009). Estimating breast height diameter and volume from stump diameter for three economically important species in Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25(1), 32-45.
- Räty, J., Hietala, A., Breidenbach, J., & Astrup, R. (2023). An analysis of stand-level size distributions of decay-affected norway spruce trees based on harvester data. *Annals of Forest Science*, 80(1).
- Ravaglia, J., Fournier, R., Bac, A., Vega, C., Côté, J., Piboule, A., Rémillard, U. (2019). Comparison of three algorithms to estimate tree stem diameter from terrestrial laser scanner data. *Forests*, 10(7), 599.
- Straka, T. and Layton, P. (2010). Natural resources management: life cycle assessment and forest certification and sustainability issues. *Sustainability*, 2(2), 604-623.
- Vatandaşlar, C., Zeybek, M. (2020). Application of handheld laser scanning technology for forest inventory purposes in the NE Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44( 3), 229-242.
- Wang, D., Takoudjou, S., & Casella, E. (2020). Lewos: a universal leaf-wood classification method to facilitate the 3d modelling of large tropical trees using terrestrial lidar. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(3), 376-389.
- Wieser, M., Mandlbürger, G., Hollaus, M., Otepka, J., Glira, P., & Pfeifer, N. (2017). A case study of uas borne laser scanning for measurement of tree stem diameter. *Remote Sensing*, 9(11), 1154.
- Zhao, K., García, M., Liu, S., Guo, Q., Chen, G., Zhang, X., and Meng, X. (2015). Terrestrial lidar remote sensing of forests: maximum likelihood estimates of canopy profile, leaf area index, and leaf angle distribution. *Agricultural and Forest Meteorology*, 209-210, 100-113.

## Çanakkale Kent Merkezindeki Anaokulu Bahçelerinin Peyzaj Unsurlarının İncelenmesi

### Investigation Landscape Elements of Kindergarten Gardens in Çanakkale City Center

 Seda UYGUN<sup>1</sup>,  Özgür KAHRAMAN<sup>2</sup>

#### Özet

Okul öncesi eğitim dönemi bireyin yaşama dair en zengin deneyimlere sahip olduğu dönemdir ve içinde bulunduğu ortamın katacağı yaşantılar bireyin sonraki yaşamını önemli ölçüde etkiler. Bu dönem çocuğunun sağlıklı gelişimi için doğa mutlaka eğitim süreci içerisinde var olmalıdır. Okul öncesi eğitim kurumu olarak hizmet veren anaokulları, bahçelerinde bulundurduğu bitkisel ve yapısal materyaller ile doğanın izlerinin hızla kaybolduğu kentlerde çocuklara doğala benzeyenin içinde olma imkânı sunar. Bu araştırma Çanakkale Kent Merkezi'nde yer alan özel ve kamu anaokulu bahçelerinde yürütülmüştür. Çalışmada söz konusu bahçelerin peyzaj unsurları yapısal ve bitkisel materyaller çerçevesinde incelenmiştir. Anaokulu bahçelerinin bitkisel ve yapısal materyal verileri toplanıp analizleri gerçekleştirilmiştir. Bitkisel materyallerde, 43 bitki türü ile 292 bitkinin anaokulu bahçelerinde bulunduğu fakat bakımlarının ve sayılarının yetersiz olduğu görülmüştür. Yapısal materyallerde ise en çok ahşap materyallerin tercih edildiği ancak geçirimsiz sert zemin materyallerinin bahçelere hâkim olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Anaokulu bahçesi, Peyzaj unsurları, Bitkisel materyal, Yapısal materyal.

#### Abstract

The pre-school education period is the period in which the individual has the richest experiences about life, and the experiences that the environment in which the individual lives significantly affect the individual's later life. Nature must be present in the education process for the healthy development of children in this period. Kindergartens, which serve as preschool education institutions, offer children the opportunity to be in a natural-like environment in cities where the traces of nature are rapidly disappearing with the plant and structural materials they have in their gardens. This research was conducted in private and public kindergarten gardens in Çanakkale City Center. In the study, the landscape elements of these gardens were analyzed within the framework of structural and vegetative materials. Vegetative and structural material data of kindergarten gardens were collected and analyzed. In plant materials, it was observed that 43 plant species and 292 plants were present in kindergarten gardens, but their maintenance and number were insufficient. In structural materials, it was determined that wooden materials were mostly preferred, but impermeable hard ground materials dominated the gardens.

**Keywords:** Kindergarten garden, Landscape elements, Plant material, Structural material.

## 1. Giriş

Bireyin çocukluk yaşantıları ilerideki hayatını etkiler. Bu sebeple hayatının başlangıç yılları son derece kritik ve önemlidir. Araştırmalarda da vurgulandığı üzere, erken çocukluk döneminde çocukların gelişimlerine doğru ve uygun şekilde destek sağlanmalıdır. Bu desteğin bir parçası olarak, düzenli ve sürekli erken çocukluk eğitimi verilerek çocukların öğrenme ve gelişimleri desteklenmektedir (Tunçeli ve Zembat, 2017).

Okul öncesi eğitim, çocuğun bireysel özellikleri ve gelişim düzeyine uygun olarak, çeşitli uyarıcı olanaklar sunan, temel bilgi ve beceriler kazandıran, toplumun kültürel ve sosyal değerlerine göre çocuğu en iyi şekilde yönlendiren planlı ve düzenli bir eğitim sürecidir (Dirim, 2004). Okul öncesi eğitimin amacı; bilişsel (zihinsel), dil( iletişim), motor (hareket), sosyal ve özbakım gelişim alanlarında çocukların ilerlemelerini sağlamaktır.

Türkiye okul öncesi eğitim sistemi, hem kamu hem de özel hizmetlerden oluşmaktadır. Milli Eğitim Bakanlığı(MEB) tarafından merkez temelli okul öncesi eğitim programı, 3-6 yaş arası çocuklara yönelik hizmetleri kapsamaktadır. Bu programlar, kamu veya özel ilköğretim okullarının anasınıfları ya da anaokulları ile bağımsız anaokullarının sınıflarında uygulanmaktadır (UNICEF, 2012).

Anaokulu, eylül ayı sonu itibarıyla 36-68 aylık çocukların eğitimi amacıyla açılan okul öncesi eğitim kurumlarıdır (MEB, 2014). Eğitimin her aşaması son derece önemlidir. Anaokulları, çocukların fiziksel ve zihinsel gelişiminin hızlandığı dönemde, okul hayatının ilk adımı olarak büyük bir öneme sahiptir. Bu dönemde verilen eğitim, çocuğun geleceğini şekillendirmede etkilidir ve kazanılan davranışlar yetişkinlikte bireyin değer yargılarını ve kişilik yapısını biçimlendirme açısından büyük bir rol oynamaktadır (Yaşar, 2019).

Çocuklar anaokulunda, iç mekânın yanı sıra dış mekân olan anaokulu bahçesi ile de sürekli etkileşim halindedir. Eğitim sadece dersliklerde gerçekleşen bir süreç değildir; öğrenme mekânları geniş bir yelpazede yer almaktadır. Araştırmalar, çevrenin fiziksel etkinlikleri olumlu yönde etkilediğini ve eğitimin ayrılmaz bir parçası olduğunu göstermektedir. Okul bahçeleri, çocukların zihinsel, fiziksel ve ruhsal gelişimine katkıda bulunan sosyal mekânlar olarak kabul edilmekte ve eğitimin sürekliliği ile kalitesinin artırılmasında önemli rol oynamaktadır (Saelens ve ark., 2003).

Okul bahçeleri sadece bir boşluk olmanın ötesinde eğitim sürecine önemli katkılar sağlayabilecek potansiyele sahiptir. Okul bahçelerinin işlevleri; eğitim ve öğretime katkı, çevre ve doğa bilinci oluşturma, ruhsal ve bedensel gelişmeye katkı, kentsel açık yeşil alan ve rekreasyonel katkı, fiziksel aktivite ve oyun imkânı sağlama olmak üzere beş ana başlık



altında toplanmaktadır. Eğitim ve öğretime katkı işlevinde dış mekânda öğrencilerin öğrenmeye daha açık olduğu, temas ederek, koklayarak, hissederek, deneyimleyerek, eğlenerek öğrenme sürecinde aktif olduğu yer almaktadır. Çevre ve doğa bilinci oluşturma işlevinde; Harwey (1990)'e göre doğal çevrenin yapılandırılmasında aktif olan çocukların, çevrelerine karşı daha duyarlı bu hususta sorumluluk almakta daha istekli olduğu, Bradley (1995)'e göre ise okul bahçesinin önemli hususlarından birinin, çocuğun çevresine ve doğal çevreye duyarlı, onu koruyacak bireyler yetişmesini sağladığı üzerinde durulmuştur. Ruhsal ve bedensel gelişmeye katkı işlevinde; okul bahçesindeki fiziksel etkinliklerin, grup oyunlarının vb. öğrencilerin hem bedensel hem de psikolojik gelişimine katkı sağladığı belirtilmiştir. Kentsel açık yeşil alan ve rekreasyonel katkı işlevinde; okul bahçelerinin kentsel alanların önemli açık yeşil alanlarını oluşturduğu, buldukları mahallelerin ve yerleşimlerin yeşil dokusuna katkı sağladığı yer almıştır. Fiziksel aktivite ve oyun imkânı sağlama işlevinde; hareketsiz yaşam ve durağanlığın yetişkinlerde olduğu gibi çocuklarda da sağlık problemlerine neden olduğu belirtilerek bahçenin oyun mekânı imkânı ile öğrencilerin eğlenerek ve isteyerek fiziksel etkinliklere katılımını sağladığı belirtilmiştir (Önder ve Akay, 2018).

Anaokulu bahçesinde gerçekleştirilen açık hava etkinlikleri çocuğun zihinsel gelişimine önemli katkılar sağlamaktadır. Doğada yapılan keşifler, çocuğun merakını uyandırmakta ve öğrenmeye olan ilgisini artırmaktadır. Bitki ve hayvanları gözlemlemek, fen bilgisi kavramlarını anlamalarına yardımcı olurken doğal materyallerle oyun oynamak ise yaratıcılıklarını desteklemektedir. Bu nedenle, okul öncesi dönemde açık hava kullanımının önemi büyüktür ve bu fırsatların en iyi şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (Talay ve ark., 2010).

Danimarka kasabasının güney kesiminde bulunan ve 200 çocuğun eğitim gördüğü anaokulunda gerçekleştirilen bir araştırmada iki çalışma grubu oluşturulmuş, bir grubun geleneksel çocuk bahçesinde, diğer grubun ise doğa temelli 4.800 m<sup>2</sup> alanda gerçekleştirdiği fiziksel aktiviteler gözlemlenmiştir. Geleneksel oyun alanına sahip anaokulunda, çocuklar her gün öğle yemeğinden sonra 2 saat boyunca oyun alanında açık hava oyunları oynamışlar ayrıca denge çubukları, matlar ve yapılandırılmamış oyun için kullanılan toplar gibi motor becerilerini geliştiren özelliklerle donatılmış bir kapalı alanda fiziksel aktivitelerde bulunmuşlardır. Bunun aksine, doğal ortamda bulunan anaokulu grubundaki çocuklar her gün toplam 4 saat açık hava etkinlikleri gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, doğal oyun alanına erişimi olan çocukların çocuk başına düşen dış mekân alanı, geleneksel oyun alanı grubundaki çocuklara göre daha fazla olduğu görülmüştür. Oyun

alanlarındaki geniş alan, çeşitli oyun özellikleri ve çocukların doğal çevreye maruz kalma miktarının potansiyel önemi üzerinde durulmuştur. Geleneksel anaokullarındaki çocukların çeşitli oyun fırsatlarına sahip geniş oyun alanlarına, aktif oyun için iç mekânlara ve düzenli açık hava gezilerine erişimleri sağlanırsa; temel motor beceri gelişimlerinin doğa temelli anaokulu ortamlarındaki çocuklarla aynı seviyede olabileceği belirtilmiştir (Pawlowski ve ark., 2024).

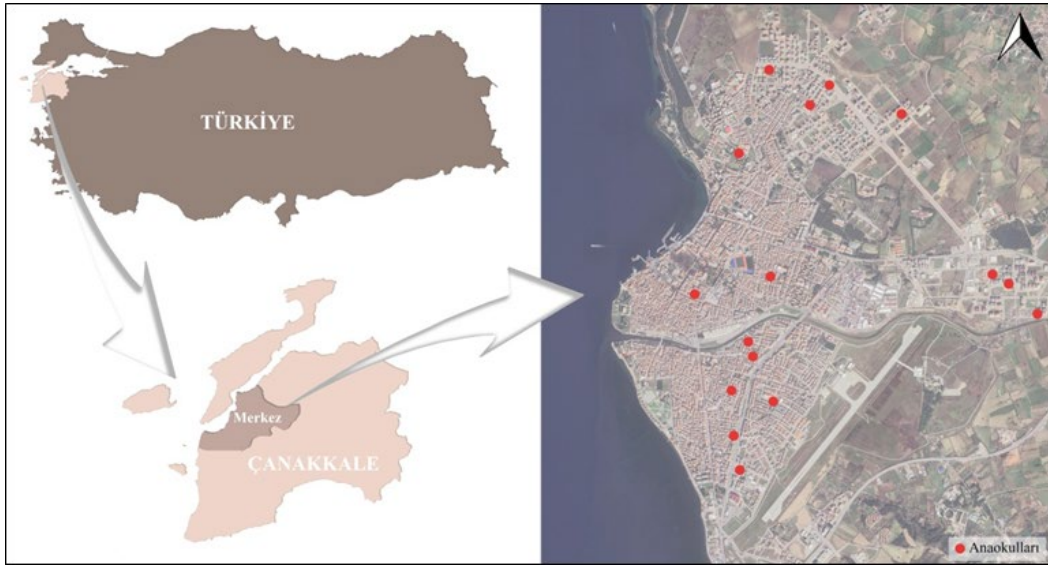
Açık alanlarda oyun oynamak ve doğada keşif yapmak, çocukların sosyal becerilerinin gelişmesine de yardımcı olmaktadır. Açık hava oyunları; çocukların grup içinde etkileşimde bulunma, işbirliği yapma ve problemleri birlikte çözme gibi beceriler edinmesinin yanı sıra sağlıklı bir şekilde kendilerini ifade etme, başkalarını anlama ve dünyayla bağlantılı hissetme gibi çeşitli öğrenme deneyimleri kazanmalarına da imkân sağlamaktadır. Bu öğrenme deneyimleri çocukların ileriki yaşamlarında mutlu, sosyal ve uyumlu bireyler olarak yetişmelerine katkı sunmaktadır. Norveç'te yapılan bir çalışmada, İskandinav anaokullarında eğitim gören çocukların kendi başlattıkları açık hava oyunları sırasında bütünsel öğrenmeyi nasıl gerçekleştirdikleri ve dolaylı pedagojinin bütünsel öğrenmeyi nasıl kolaylaştırabileceği araştırılmıştır. Çalışma bütünsel ve biyososyal bir öğrenme perspektifinden açık hava oyunlarının, sadece fiziksel dünya hakkındaki gerçekleri öğrenmekle ilgili olmadığını; aynı zamanda yaratıcı olma, dünyayla bağlantı kurma, inisiyatif alma ve aktif olma gibi çeşitli kazanımlar da sağladığını ortaya koymuştur. Ayrıca çocukların, ebeveyn baskısı ve korkularına yanıt veren anaokulu kuralları, sınırlı oyun materyalleri ve oyun oynayabilecekleri alanın daraltılması gibi nedenlerle kısıtlandıkları görülmüş ve bu durumun çocukları olumsuz etkileyebileceği belirtilmiştir. Açık hava oyunları süresince çocukların birbirleriyle, öğretmenlerle, solucanlarla, örümceklerle, kumla, yapraklarla, tebeşirle, toprakla, tahtayla, plastikle, yapay oyuncaklarla ve doğal maddelerle temas kurmalarının, temiz havaya, güneş ışığına, yağmura, kara ve rüzgara maruz kalmalarının; çocukların inisiyatif kullanma fırsatlarını elde etmelerini, erken çocukluk eğitimi yoluyla demokrasiyi tanımalarını ve desteklemelerini sağlayabileceği belirtilmiştir (Aslanian ve ark., 2024). Doğa ile kurulan ilişki, çevre bilincinin oluşmasına da desteklemektedir (Pazar ve Tuna, 2024). Bu nedenlerle okul öncesi dönemde açık alanda yapılan etkinlikler ve doğa ile iç içe geçen eğitim süreçleri oldukça önemlidir.

Bu araştırmada Çanakkale kent merkezinde Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı özel ve kamuya ait toplam 7 adet anaokulunun bahçeleri peyzaj unsurları, yapısal ve bitkisel

materyaller yönünden incelenmiş, bu kurumlarda okul öncesi eğitim alan 952 çocuğun yararlandığı anaokulu bahçelerinin mevcut durumları ortaya konulmuştur.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışma genel bir tarama modeli şeklinde (Karasar, 2006) gerçekleştirilmiştir. Çanakkale kent Merkezi'ndeki kamu ve özel anaokulları isimlerine ulaşılmış (MEBBİS, 2024); 9 kamu, 7 özel anaokulu olmak üzere toplam 16 anaokulunun kent merkezinde bulunduğu görülmüştür (Şekil 1).



**Şekil 1.** Çanakkale kent merkezinde yer alan 16 adet özel ve kamu anaokulunun konumları.

16 adet anaokulu arasından 4 kamu 3 özel anaokulu olacak şekilde rastgele seçim yapılarak örneklem oluşturulmuş ve bu anaokulları A, B, C, D, E, F ve G harfleri ile temsil edilmiştir. Anaokullarının öğrenci sayıları ve bilgileri kurum yöneticileri ile yüz yüze görüşme sağlanarak alınmış, bahçe alan büyüklüğüne Google Earth Pro (Google Earth Pro, 2024) uygulaması ile ulaşılmış, alanyazın çalışmaları incelenerek hazırlanan gözlem formu (Şekil 2) doğrultusunda her bir anaokulu bahçesinin yapısal ve bitkisel materyal mevcut durumları incelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Daha sonra elde edilen veriler numaralandırılarak kategorize edilmiş, SPSS 29 istatistik programı ile analiz edilerek, anaokulların yapısal ve bitkisel materyal mevcut durumları değerlendirilmiştir.

Okul: .....		Yapısal Materyaller		Adet		Yüzey Materyali		Kullanım İşlevi		Tasarım		Temizlik		Bakım Onarım		Ekipman Durumu	
			a. Ahşap b. Beton c. Tartan Kauçuk d. Plastik Kaplama e. Kilit parke taş f. Tel Örgü g. Demir h. Çelik i. Seramik Kaplama j. Söve Kaplama k. Tuğla l. Mermer m. Alüminyum	a. Oturma b. Erişim c. Aydınlatma d. Atık e. Gölgeleme f. Çevreleme g. Toplanma h. Oyun i. Estetik odak	a. Yaş grubuna uygun b. Estetik c. Tasarım yok	a. Temiz b. Kirli	a. Bakımlı b. Onarım ihtiyacı var	a. Tam b. Eksik									
Bitki Türü	Adet	Familiya	Bitki grubu	Alandaki Form	Alandaki Boy	Kullanım İşlevi	Sulama Yöntemi	Bakım durumu	Risk Faktörü								
			a. Bahçe çiçeği b. Yer örtücü bitki c. Çim bitkisi d. Çalı e. Ağaç f. Soğanlı bitki g. Kaktüs h. Sukkulent	a. Sütun b. Dağınık dallı c. Sarkık formlu d. Yuvarlak formlu e. İnce dokulu f. Kaba dokulu	0-100 cm küçük 100-200 cm orta 200 cm sonrası büyük	a. Sıvı bitkisi b. Süs bitkisi c. Bostan bitkisi d. Gölge bitkisi e. Yönlendirme bitkisi f. Odak bitkisi g. Perdeleme bitkisi	a. Elle sulama b. Damla sulama c. Yağmurlama d. Diğer... e. Sulama yok	a. Budama yapılmamış b. Destekleme yapılmamış c. Yabancı ot mücadelesi yapılmamış d. Bitki uygun bir formda değil e. Hastalık ve zararlılarla mücadelesi yapılmamış	Riskli Kısımlar a. Çiçek b. Meyve c. Tohum d. Yaprak e. Gövde f. Dallar g. Kök	Riskli Nedenler a. Zehir b. Kesici c. Delici d. Polen e. Böcek f. Yılan vb. çekici							

Şekil 2. Yapısal ve bitkisel materyal gözlem formu.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Gelişmiş ülkelerde, inşaat taban alanı dâhil olmak üzere eğitim yapılarında öğrenci başına düşen alan genellikle 25-30 m<sup>2</sup>'dir (Babaroğlu, 2018). Türkiye'de arazi büyüklükleri ve öğrenci sayıları dikkate alınarak ihtiyaç duyulan alan belirlenmekte, öğrenci başına düşen açık - kapalı alan en az 1,5 m<sup>2</sup>/öğrenci sayısı olarak hesaplanmaktadır. Arsa alanının % 65'i yeşil alan, açık alan ve oyun alanları olarak planlanması gerekmektedir (MEB, 2015).

Değerlendirmeye alınan kent merkezinde bulunan 7 anaokulunun öğrenci sayıları, bahçe büyüklüğü, sahip oldukları bahçe alanının öğrenci sayısına oranlanması ile hesaplanan öğrenci başına düşen açık alan miktarı, sahip olması gereken minimum bahçe büyüklüğü (MEB, 2015) ve gelişmiş ülkelere göre olması gereken bahçe büyüklüğü (Babaroğlu, 2018) Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Araştırma kapsamında incelenen anaokulu bahçelerinin Çizelge 1 doğrultusunda değerlendirilmesiyle aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

- Öğrenci başına 1,5 m<sup>2</sup> alan mevzuat standartlarına göre değerlendirildiğinde incelenen anaokullarının tümünde bahçe alan büyüklüğü ihtiyacını karşıladığı görülmüştür.
- Öğrenci başına düşen bahçe büyüklüğünün en az G anaokulunda, en fazla ise D anaokulunda bulunduğu saptanmıştır. Anaokullarının öğrenci başına düşen ortalama bahçe alan miktarı 9 m<sup>2</sup>'dir. Bu oran mevzuata göre minimum değeri karşılamakta fakat gelişmiş ülke standartlarına göre oldukça düşük kalmaktadır.
- Arsa alanının %65'inin yeşil alan, açık alan ve oyun alanları olarak planlanması (MEB, 2015) gerektiği üzerinde değerlendirme yapıldığında; A anaokulunun 2821 m<sup>2</sup>, B anaokulunun 1462 m<sup>2</sup>, C anaokulunun 195 m<sup>2</sup>, D anaokulunun 1137 m<sup>2</sup>, E anaokulunun 227 m<sup>2</sup>, F anaokulunun 386 m<sup>2</sup>, G anaokulunun 1590 m<sup>2</sup> bahçe alanına sahip olması gerektiği belirlenmiştir. Bu standardı, 1625 m<sup>2</sup> bahçe alanı ile sadece B anaokulu sağlamaktadır.
- Gelişmiş ülkelerin 25 m<sup>2</sup> standardına göre maksimum bahçe alanları değerlendirildiğinde standarda uygun anaokulu bulunamamıştır.

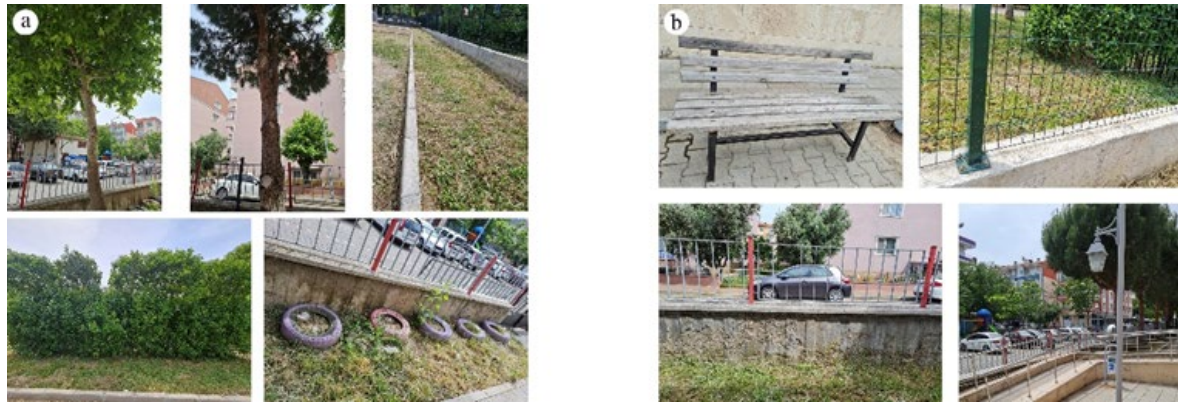
### Çizelge 1. Anaokullarının bahçe alan değerlendirmeleri.

Anaokulu Bilgileri	A	B	C	D	E	F	G
Öğrenci Sayısı(kişi)	194	172	49	83	60	85	309
Bahçe Alanı(m <sup>2</sup> )	2200	1625	160	1700	230	229	792
Öğrenci Başına Düşen Bahçe Alanı(m <sup>2</sup> )	11,3	13	3,2	20,4	3,8	2,6	2,5
Sahip Olması Gereken Minimum Bahçe Alanı (m <sup>2</sup> )	291	258	73,5	124,5	90	127,5	463,5
Gelişmiş Ülkelerin Standartlarına Göre Olması Gereken Bahçe Alanı (m <sup>2</sup> )	4850-5820	4300-5160	1225-1470	2075-2490	1500-1800	2125-2550	7725-9270

### 3.1. Anaokulları Yapısal Ve Bitkisel Materyal Mevcut Durumları

#### 3.1.2. Anaokulu A

A anaokulunda 2200 m<sup>2</sup> bahçe alanının % 32,2'sini beton, % 11,8'ini ise kauçuk tartan zemin oluşturmaktadır. Aydınlatma elemanının bulunduğu tek anaokuludur fakat oturma alanı ihtiyacı tek bir bankla karşılanmaktadır. Çevreleme elemanı olarak kullanılan yola yakın bölümdeki betonarme üzeri demir korkulukların boyu kısa kalmakta ve tehlike oluşturmaktadır. *Pinus pinea*, *Morus sp.*, *Acer negundo*, *Viburnum opulus* gibi her dem yeşil, yaprak döken ağaç gruplarının ağırlıklı olduğu A anaokulunda geniş, boş doğal çayır olarak bırakılmış alanların olduğu, bostan dikimi için kullanılan alanın bakımsız olduğu, yabancı otlar tarafından işgal edildiği görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. A anaokulu bitkisel materyalleri (a) ve yapısal materyaller (b).

#### 3.1.3. Anaokulu B

1625 m<sup>2</sup> bahçe alanına sahip olan B anaokulunda % 49,2 beton, % 12 kauçuk kaplama zemin materyali tercih edilmiştir. Yapısal materyal olarak incelendiğinde bahçeye genel olarak kilit parke zeminin hâkim, açık oyun alanlarının yeterli olduğu, gölgeleme elemanı bulunan oturma mekânının mevcut olduğu görülmüştür. Şekil 4'te görüldüğü üzere *Platanus orientalis*, *Nerium oleander*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Hedera helix*, *Pinus pinea*, *Rosa sp.*, *Laurus nobilis*, *Abelia chinensis*, *Prunus americana*, *Cupressus*

*macrocarpa*, *Tilia tomentosa*, *Lavandula angustifolia*, *Larix decidua*, *Spiraea vanhouttei*, *Cotoneaster coriaceous*, *Berberis aquifolium*, *Callistemon laevis*, *Pelargonium* sp. her dem yeşil, yaprak döken ağaç ve çalı grupları ile sarılıcı tırmanıcılarla bitki çeşitliliğinin en fazla olduğu anaokuludur. Fakat hastalıklı, yabancı ot işgaline uğramış ve budamaya ihtiyacı olan bakımsız bitkilerin olduğu görülmüştür.



Şekil 4. B anaokulu bitkisel materyalleri (a) ve yapısal materyalleri (b).

### 3.1.4. Anaokulu C

C anaokulunda 160 m<sup>2</sup> bahçe alanının % 25'inde beton zemin materyali bulunduğu görülmüştür. Yapısal materyallerde en çok ahşap malzemelerin tercih edildiği ve oyun alanında kum zeminin kullanıldığı; bahçe alanı küçük olmasına rağmen bahçedeki bitkisel yoğunluğun fazla olduğu, *Rosa* sp., *Mentha piperita*, *Prunus cerasus*, *Jasminum sambac*, *Olea europaea*, *Clerodendrum chinense*, *Euonymus japonicus*, *Vitis* sp. bitki türlerinin bahçede bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. C anaokulu bitkisel materyalleri (a) ve yapısal materyalleri (b).

### 3.1.5. Anaokulu D

1700 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki D anaokulu bahçesinin % 92,9'unun beton zemin materyali ile kaplı olduğu görülmüştür. Açık oyun elemanlarının bakımsız ve yetersiz olduğu; *Hedera helix*, *Pinus pinea*, *Morus sp.*, *Acer negundo*, *Prunus cerasus*, *Robinia pseudoacacia*, *Ficus carica*, *Chamaerops excelsa*, *Cupressus sempervirens*, *Aster sp.*, *Ocimum basilicum*, *Euryops pectinatus* gibi yaprak döken, her dem yeşil, sarılıcı tırmanıcı ve mevsimlik çiçeklerin, çok yıllık ağaç sayısının oldukça fazla görülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. D anaokulu bitkisel materyalleri (a) ve yapısal materyalleri (b).

### 3.1.6. Anaokulu E

E anaokulunun sahip olduğu 230 m<sup>2</sup>'lik bahçe alanının % 86,9'unda beton zemin materyali bulunduğu görülmüştür. Yapısal materyallerde ahşap malzemenin ağırlıklı olarak kullanıldığı, oturma elmanı olarak doğal saman balyalarının tercih edildiği; *Nerium oleander*, *Cupressus macrocarpa*, *Euonymus japonicus*, *Ficus carica*, *Juglans regia*, *Photinia serratifolia* bitki türlerinin bulunduğu, genel olarak çalı grubunun bahçeye hâkim olduğu görülmüştür (Şekil 7). Anaokulu yöneticisi ile yapılan görüşmede, çocukların haftanın üç gününü ormanda geçirdikleri ve bu şekilde pek çok bitki türü ile iç içe oldukları bilgisine ulaşılmıştır.



Şekil 7. E anaokulu bitkisel materyalleri (a) ve yapısal materyalleri (b).



### 3.1.7. Anaokulu F

229 m<sup>2</sup> bahçe alanına sahip olan F anaokulunda, zemin kaplamada sıkıştırılmış toprak ve kauçuk malzemenin tercih edildiği, açık oyun elemanlarının yetersiz kaldığı; *Pinus pinea*, *Olea europaea*, *Juglans regia* gibi boylu bitkiler ile *Punica granatum*, *Pelargonium* sp. bitki türlerinin bahçede bulunduğu görülmüştür (Şekil 8).



Şekil 8. F anaokulu bitkisel materyalleri (a) ve yapısal materyalleri (b).

### 3.1.8. Anaokulu G

G anaokulunda, 792 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki bahçenin % 10,2'si beton zemin materyalinden oluşmaktadır. Açık oyun alanları, gölgelenmiş oturma mekânı ve kum havuzu ile yapısal materyal bakımından zengin olduğu; *Parthenocissus quinquefolia*, *Hedera helix*, *Pinus pinea*, *Viburnum opulus*, *Cupressus sempervirens*, *Juglans regia*, *Fraxinus excelsior*, *Pyrus communis*, *Cupressus arizonica*, *Drosanthemum hispidum*, *Mesembryanthemum cordifolium* bitki türlerinin bahçede bulunduğu, kum ve çayır zemin ile anaokulunda doğal bir alan görünümünün hâkim olduğu görülmüştür (Şekil 9).



Şekil 9. G anaokulu bitkisel materyalleri (a) ve yapısal materyalleri (b).

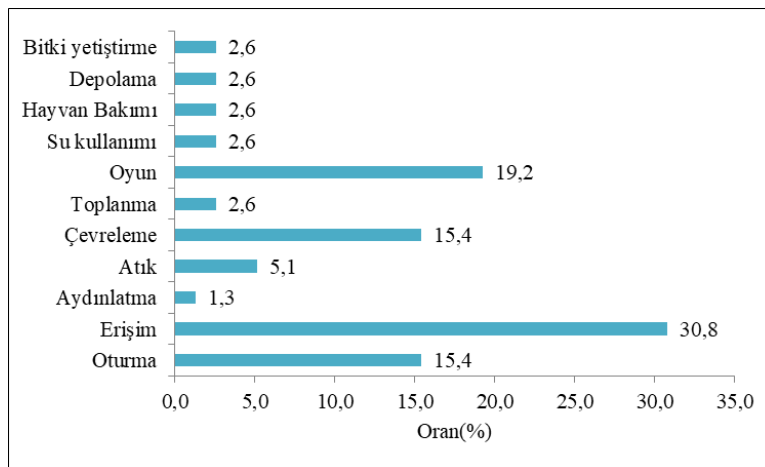
### 3.2. Anaokulu Bahçelerinde Yer alan Yapısal Materyallerin Genel Değerlendirilmesi

Araştırmada yer alan anaokulu bahçelerinin yapısal materyallerin analizi sonucunda anaokullarının tamamında çevreleme elemanı, bank, yol, merdiven ve açık oyun alanlarının mevcut olduğu görülmüştür. % 85’inde çöp kutusu, rampa ve tırabzanın; % 71’inde oturma mekânının; % 42,6’sında oyun sahasının; % 28,5’inde tören alanı, mini kulübe, aydınlatma elemanı, yapay su ve zooloji bahçesinin; % 14,2’sinde de deponun bulunduğu saptanmıştır (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Anaokullarında bulunan yapısal materyaller.

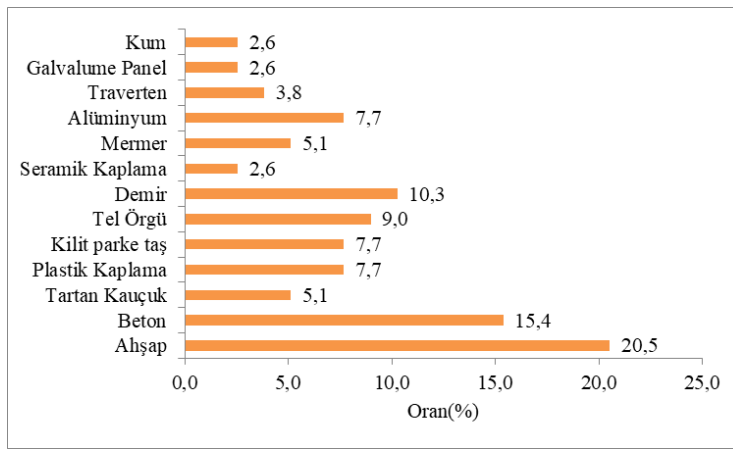
Anaokulları/ Anaokulu Peyzaj Unsurları	Yapısal Materyaller															
	Çevreleme Elemanı	Tören Alanı	Oyun sahaları	Oturma Mekanları	Banklar	Yollar	Mini Kulübe	Aydınlatma Elemanları	Çöp kutuları	Merdiven	Tırabzan	Rampa	Açık Oyun Alanları	Yapay Su Varlığı	Zooloji Bahçesi	Depo
A	✓	-	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-
B	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	-
D	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-
E	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	-
F	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
G	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-

Kullanım işlevleri bakımından yapısal materyaller incelendiğinde % 30,8 oranla en çok erişim amaçlı kullanımın tercih edildiği görülmüştür (Şekil 11).



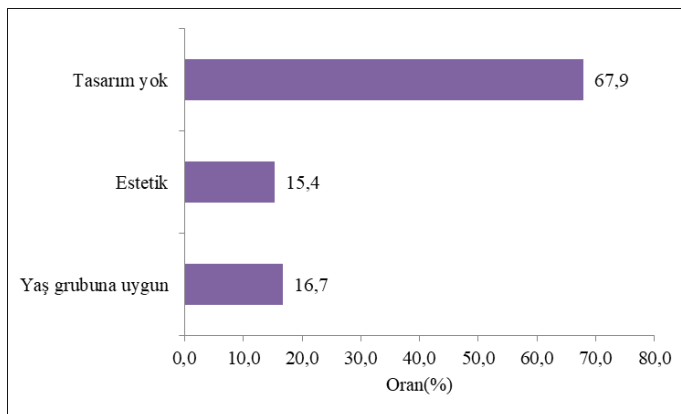
**Şekil 11.** Yapısal materyallerin kullanım işlevleri oranı (%).

Okul bahçelerinin soğuk ve monoton bir görünüşe sahip olmaması için beton ve asfalt yüzeylerden kaçınılması, peyzaj projesine uygun olarak, doğa temelli yaklaşımla tasarlanması, geniş çim alanların bulunması ve okul bahçesi duvarı boyunca iklim bölgesine uygun ağaçları içeren düzenlemeler yapılması gerekmektedir (MEB, 2015). Fakat anaokullarının bahçe zemin materyalleri incelendiğinde bahçelere % 37,7 oranında beton yüzeyin hâkim olduğu görülmüştür. Yumuşak zemin materyali olarak da % 21,3 oranla kauçuk malzeme tercih edilmiştir. Yapısal materyallerin geneline bakıldığında % 20,5 oranla en çok ahşap malzemenin, % 2,6 oranla ise en az kum, galvalume ve seramik kaplama malzemelerinin tercih edildiği saptanmıştır (Şekil 12).



**Şekil 12.** Yapısal materyallerin yüzey materyalleri oranı (%).

Tasarım durumu bakımından incelendiğinde yapısal materyallerin estetik kaygı gütmeksizin rastgele seçim ve yerleşimlerinin yapıldığı, % 67,9’unda tasarımın bulunmadığı görülmüştür (Şekil 13).



**Şekil 13.** Yapısal materyallerin tasarım durumu (%).

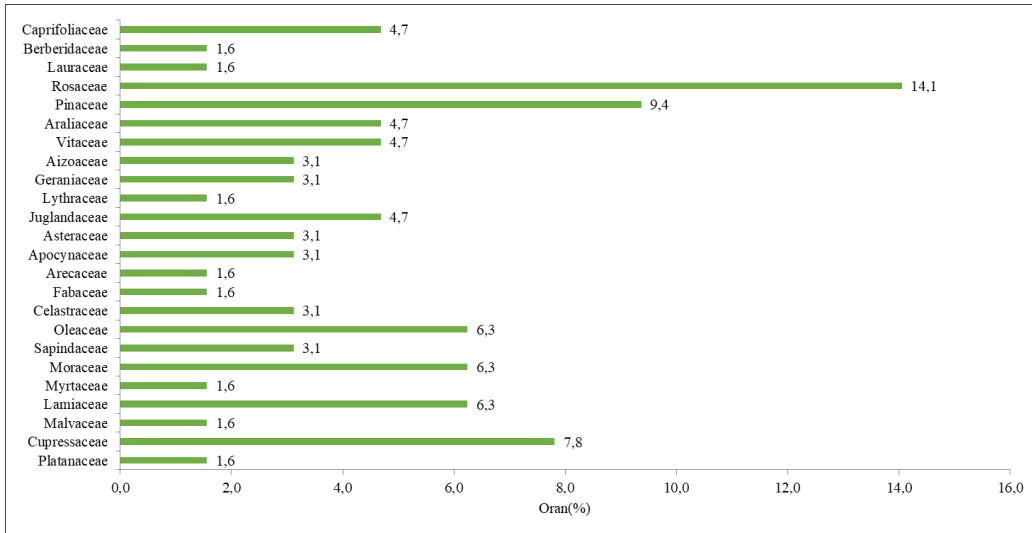
### 3.3. Anaokulu Bahçelerinde Yer Alan Bitkisel Materyallerin Genel Değerlendirilmesi

Bitkisel materyal bakımından incelendiğinde anaokullarının tamamında yaprak dökken ağacın; % 85’inde her dem yeşil ağacın; % 71’inde yaprak dökken çalı, her dem yeşil çalı, yer örtücü bitki, bostan ve toprak alanın; % 56,8’inde sarılıcı tırmanıcı bitkinin; % 42,6’sında mevsimlik çiçeğin bulunduğu; hiçbir anaokulunda botanik bahçesinin bulunmadığı saptanmıştır (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Anaokullarında bulunan bitkisel materyaller.

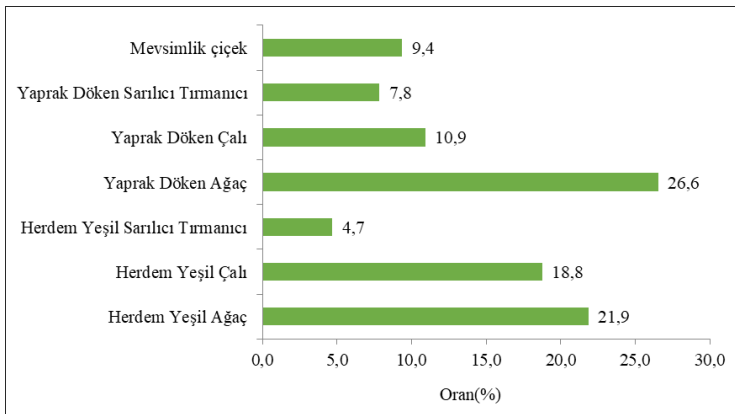
Anaokulları/ Anaokulu Peyzaj UNSURLARI	Bitkisel Materyaller										
	Yaprak Dökken Ağaç	Her dem Yeşil Ağaç	Yaprak Dökken Çalı	Her dem Yeşil Çalı	Sarıcı Tırmanıcı Bitki	Mevsimlik Çiçek	Yer Örtücü Bitki	Bostan Varlığı	Botanik Bahçesi	Toprak	
A	✓	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	
B	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	
C	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	
D	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	
E	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	-	✓	
F	✓	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	-	
G	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	

*Platanus orientalis*, *Nerium oleander*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Hedera helix*, *Pinus pinea*, *Rosa sp.*, *Laurus nobilis*, *Abelia chinensis*, *Prunus americana*, *Cupressus macrocarpa*, *Tilia tomentosa*, *Lavandula angustifolia*, *Larix decidua*, *Spiraea vanhouttei*, *Cotoneaster coriaceous*, *Berberis aquifolium*, *Callistemon laevis*, *Morus sp.*, *Acer negundo*, *Viburnum opulus*, *Prunus cerasus*, *Jasminum sambac*, *Olea europaea*, *Clerodendrum chinense*, *Euonymus japonicus*, *Vitis sp.*, *Robinia pseudoacacia*, *Ficus carica*, *Chamaerops excelsa*, *Cupressus sempervirens*, *Aster sp.*, *Ocimum basilicum*, *Euryops pectinatus*, *Mentha piperita*, *Juglans regia*, *Photinia serratifolia*, *Punica granatum*, *Pelargonium sp.*, *Fraxinus excelsior*, *Pyrus communis*, *Cupressus arizonica*, *Drosanthemum hispidum* ve *Mesembryanthemum cordifolium* ile 43 bitki türünün yer aldığı anaokulu bahçelerinde toplam 292 bitkinin bulunduğu görülmüştür. Anaokulu bahçelerinde en çok bulunan tür % 15.7 *Pinus pinea*, en çok bulunan familya ise % 14.1 *Rosaceae*’dir (Şekil 14).



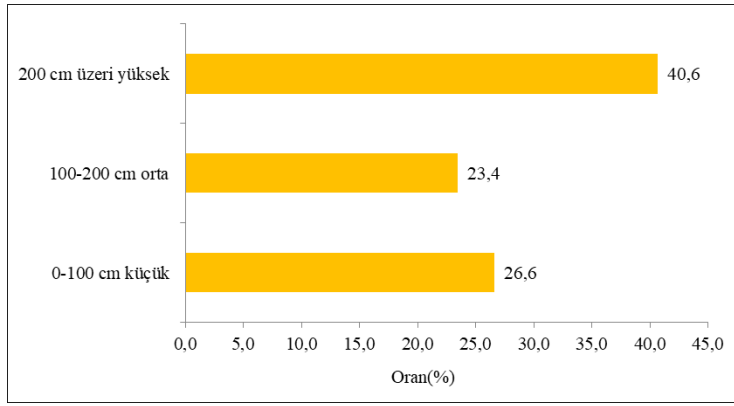
**Şekil 14.** Bitki familyalarının dağılımı (%).

Bitki gruplarına göre türler analiz edildiğinde % 45,4 ile her dem yeşil; % 45,3 ile yaprak döken bitkilerin bulunduğu görülmüştür (Şekil 15).



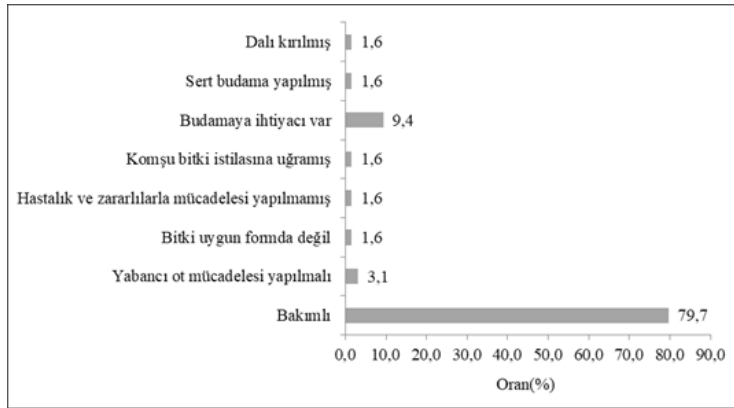
**Şekil 15.** Bitki gruplarının oranları (%).

Bitkilerin % 68,8'inde elle sulamanın sağlandığı % 31,3'ünde ise sulama yapılmadığı; bitki boylarının analizinde ise bahçelerde en çok 200 cm üzeri yüksek boylu bitkilerin yer aldığı görülmüştür (Şekil 16).



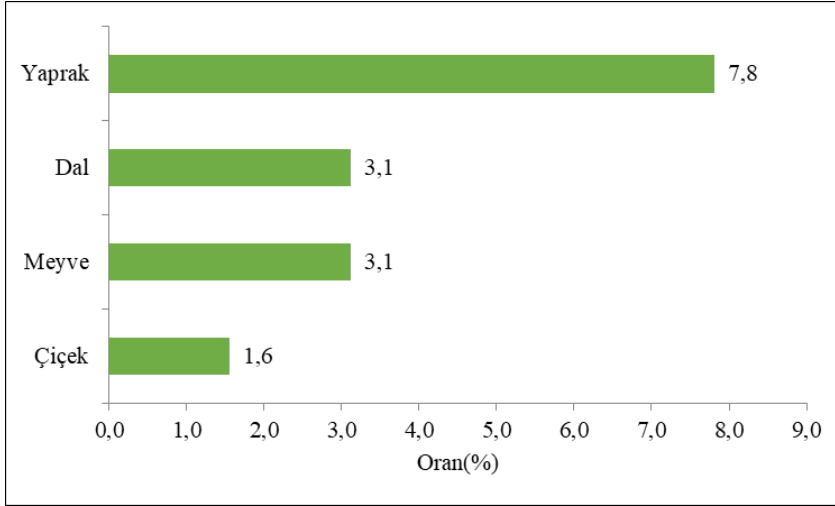
**Şekil 16.** Anaokullarındaki bitki boylarının dağılımı (%).

Bitkilerin % 79,7'sinin bakımlı olduğu ve bakımsız olan % 20,3'ünde en çok % 9,4 ile budama ihtiyacının bulunduğu görülmüştür (Şekil 17).



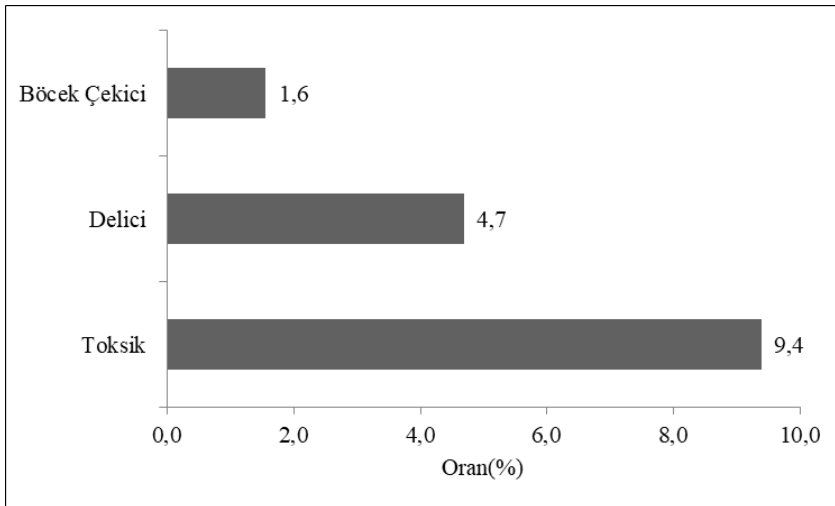
**Şekil 17.** Bitki türlerinin bakım durumu (%).

Risk durumlarına göre bitkiler analiz edildiğinde % 84,4'nün risksiz, % 14,6'sının ise riskli olduğu görülmüştür. Bahçelerde yapraklarının toksik olması nedeni ile riskli olan *Nerium oleander*, *Parthenocissus quinquefolia* ve *Hedera helix* bitkilerinin kullanımı sonucunda, riskli bitkilerin tehlikeli kısımları % 7,8 oranla yaprak olarak tespit edilmiştir (Şekil 18).



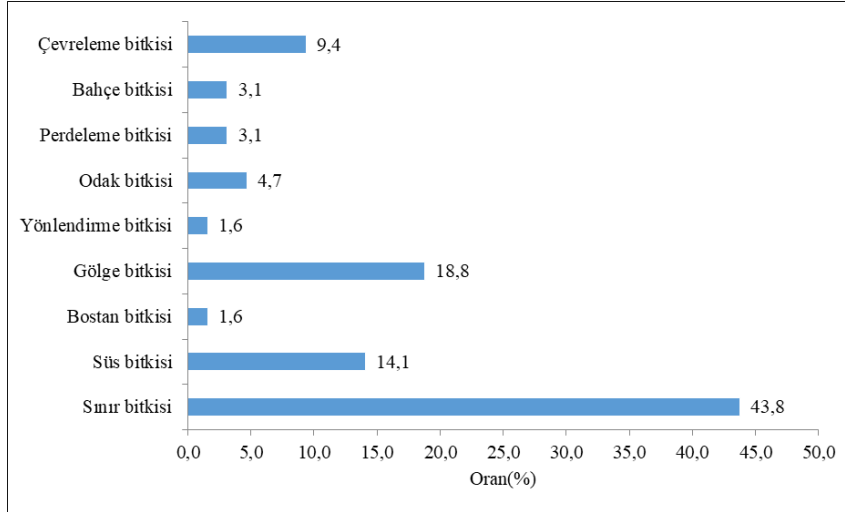
**Şekil 18.** Bitkilerin riskli kısımları (%).

Riskli olma nedenleri bakımından türler incelendiğinde ise % 9,4 oranla risk sebebinin toksik durum olduğu görülmüştür ( Şekil 19).



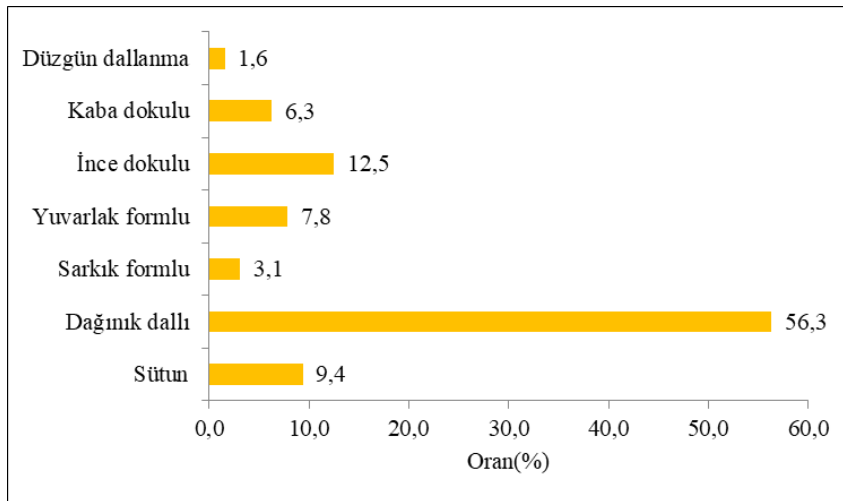
**Şekil 19.** Bitkilerin risk nedenleri (%).

Bitkiler kullanım işlevleri bakımından incelendiğinde % 43,8 oranla en çok sınır; % 3,1 oranı ile de en az bahçe bitkisi olarak tercih edildiği görülmüştür (Şekil 20).



**Şekil 20.** Bitkilerin kullanım işlevleri (%).

Bahçedeki bitki formlarının analizi sonucunda % 56,3 oranla en çok dağınk dallı formda bitkilerin bulunduğu görülmüştür (Şekil 21).



**Şekil 21.** Bitkilerin bahçedeki formları (%).

Anaokullarının tümünde bitkisel materyallerin kullanımında tasarım ilkelerine dikkat edilmediği ve bitkilerin rastgele dikimlerinin gerçekleştiği görülmüştür.

#### 4. Sonuçlar

Okulöncesi eğitim kurumlarında çocuğa uygun tek başına veya grup hâlinde oyunlar planlayıp yürütebileceği, araç gereçlerin bulunduğu bir bahçe planlanmalıdır (Ömeroğlu ve Turla, 2001). Öğrencilerin bir arada olabilecekleri, egzersiz yapabilecekleri ve kaslarını geliştirebilecekleri alanlar yaratmak önemlidir. Bu sayede öğrenciler yeni beceriler kazanabileceklerdir (Önder ve Akay, 2018). Çalışma grubunda yer alan anaokulu



bahçelerinde genel olarak yeterli miktarda ve çeşitli aktivitelere imkân sağlayacak motor becerilerine uygun yapısal materyallerin olduğu görülmüştür.

Oyun alanını kullanacak olan öğrencilerin sınıflarıyla arasındaki mesafe öğrencilerin daha rahat ve hızlı bir şekilde oyun alanına ulaşabilmesi bakımından oldukça önemlidir. Oyun alanının güneş-gölge ilişkisi de göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle yaz aylarında güneşin çok etkili olduğu bölgelerde, çocukların serinleyebileceği ve güneşten korunabileceği gölgelik alanlar sağlanmalıdır. Drenaj sistemi de göz önünde bulundurulmalı, oyun alanının yağmurlu havalarda su birikintilerine dönüşmemesi için uygun drenaj sistemi planlanmalı ve uygulanmalıdır. Ayrıca kontrol edilebilirlik ve güvenlik de ihmal edilmemesi gereken faktörlerdir. Oyun alanının kolayca kontrol edilebilmesi için etrafında engeller olmamalı ve gerekli gereçler (oyuncaklar, spor malzemeleri vb.) düzenli olarak kontrol edilmeli ve bakımları yapılmalıdır. Oyun alanının güvenli olması da çok önemlidir. Zeminin kaygan olmamasına dikkat edilmeli, tehlikeli nesnelere arındırılmalı ve gerekli emniyet önlemleri alınarak kazaların yaşanma riski en aza indirilmelidir (Türel, 2008). Yapısal materyaller incelendiğinde genel olarak yaş grubuna uygun oldukları, yüzey materyali olarak en çok ahşap tercih edilse de bahçelere özellikle beton olmak üzere geçirimsiz sert materyallerin hâkim olduğu, herhangi bir drenaj sisteminin olmadığı görülmüştür. Ayrıca dış mekânın eğitim sürecine dâhil edilmesi için gerekli, yeterli ve amaca hizmet edecek alanların anaokulu bahçelerinde mevcut olmadığı görülmüştür. Okul bahçelerinde koşma, top oynama, ip atlama, tırmanma gibi aktif faaliyetler yapılabilir ve aynı zamanda geleneksel, modern, evrensel ve yaratıcı oyunların da oynanabileceği ortamlar oluşturulmalıdır (Önder ve Akay, 2018). Anaokulu bahçeleri bu bakımdan incelendiğinde, bahçelerde bu imkânları sağlayan alanlar olmasına rağmen, yaratıcılık ve sanat etkinlikleri için uygun mekânların olmadığı gözlemlenmiştir.

Bitkilendirmede çevresel faktörler dikkate alınmalıdır. Yerel bitki türlerinin tercih edilmesi, yerli fauna için yaşam alanları oluşturulmasına katkı sağlar. Böylelikle doğal denge korunmuş olur. Ayrıca, bitkilerin sulanması ve bakımı için uygun bir altyapının sağlanması da önemlidir. Yağmur suyu toplama sistemleri ve otomatik sulama sistemi gibi çözümler düşünülmelidir. Güvenlik konusu da göz ardı edilmemeli, dikenli veya zararlı bitkilerden kaçınılmalı, çocukların zarar görmemesi için gerekli tedbirler alınmalıdır. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak yapılan bir bitkilendirme, okulun estetik görünümünü artırmanın yanında öğrencilere doğayla iç içe bir ortam sunarak onların gelişimine katkıda bulunacaktır (Türel, 2008). Araştırmadaki bahçelerin bitkisel materyalleri incelendiğinde genellikle yerel, toplum tarafından tanınan bitki türlerinin

tercih edildiği görülmüştür. Bu durum yetiştirme koşulları göz önüne alındığında bir avantaj oluşturur fakat çocukların daha çok bitki türünü tanıması ve daha farklı türlere aşina olması için bitki türlerinin çeşitlendirilmesi de gerekmektedir. Öyle ki anaokulu bahçelerinden yararlanan 952 çocuk düşünüldüğünde toplam 292 bitki ile her bir çocuğa sadece 0,3 bitki düşmektedir. Her bir çocuğun ayrı ayrı bir bitkiyi inceleyip gözlem yapabilmesinin, bakımını üstlenmesinin ve o bitkiyle bağ kurabilmesinin mümkün olmadığı görülmüştür. Çocukların bitkiye, bitki türlerine karşı olan farkındalığının artırılması için anaokulu bahçelerindeki bitki sayıları, bilinçli ve planlı bir bitkilendirme çalışması ile artırılmalıdır. Bitki seçiminde *Rosa sp.*, *Nerium oleander* gibi kesici, iğneli, toksik bitki türleri tercih edilmemelidir. Özellikle albenisi yüksek çiçek, meyve ve yaprağa sahip riskli veya zehirli bitkilere dikkat edilmelidir. Ayrıca bitkilerin bakımı ve dikimi için bitki yetiştirme ve bakımına hâkim bir kişinin anaokulu yönetimi tarafından görevlendirilmesi gerekmektedir. Tasarımları bakımından anaokulu bahçeleri incelendiğinde, bahçelerde herhangi bir peyzaj tasarımı olmaksızın rastgele bitkisel materyallerin kullanıldığı bu nedenle tasarım konusunda anaokullarına profesyonel destek sunulması gerektiği tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada anaokulu bahçelerinde genelde geçirimsiz sert zemin materyallerinin kullanıldığı, açık havada gerçekleştirilen fiziksel aktivite alanlarının yeterli olduğu fakat yaratıcı etkinlikler için uygun mekânların bulunmadığı görülmüştür. Çocukların yaratıcılıklarını ve sanatsal bakış açılarını geliştirecek açık hava sınıfı, kurutma, boya depolama ve sergi alanı gibi mekânların oluşturulması faydalı olacaktır. Ayrıca açık alan büyüklüğünün ve bitki sayısının, nitelikler de göz önünde bulundurularak artırılması çocukların alanda özgürce zaman geçirmesine imkân sağlayacak ve bitki türlerine karşı olan farkındalığını pekiştirecektir.

## Kaynaklar

- Aslanian, T. K., Bjercknes, A. L., & Andresen, A. K. (2024). Children's holistic learning during self-initiated outdoor play in a Norwegian kindergarten. *European Early Childhood Education Research Journal*, 32(3), 371-382.
- Babaroğlu, A. (2018). Eğitim ortamları açısından okul öncesi eğitim kurumları. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(3), 1313-1330.
- Bradley, L. K. (1995). Tierra buena: the creation of an urban wildlife habitat in an elementary school in the inner city. *Children Environments*, 12(2), 102-110.
- Dirim, A. (2004). *Okul ncesi eğitimi*. İstanbul: Esin Yayınevi
- Google Earth Pro, (2024). anakkale kent merkezi. [https://earth.google.com/web/@40.14879681,26.4530484,22.09706797a,10530.88430144d,35y,-2.61679464h,1.05865512t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBKDQj\\_\\_\\_\\_\\_8BEAA](https://earth.google.com/web/@40.14879681,26.4530484,22.09706797a,10530.88430144d,35y,-2.61679464h,1.05865512t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBKDQj_____8BEAA). Erişim Tarihi: 23.09.2024.
- Harvey, M. R. (1990). The relationship between children's experiences with vegetation on school grounds and their environmental attitudes. *The Journal of Environmental Education*, 21(2), 9-15.
- Karasar, N. (2006). *Bilimsel araştırma yöntemi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- MEB (2014). Mill Eğitim Bakanlığı okul öncesi eğitim ve ilköğretim kurumları yönetmeliği. Erişim adresi: [https://kadisehri.meb.gov.tr/meb\\_iys\\_dosyalar/2022\\_11/07101659\\_Okul\\_Oncesi\\_ve\\_YlkoYretim\\_YonetmeliYi.pdf](https://kadisehri.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2022_11/07101659_Okul_Oncesi_ve_YlkoYretim_YonetmeliYi.pdf). Erişim Tarihi: 18.04.2024.
- MEB İnaşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı (2015). 2015 Eğitim yapıları asgari tasarım standartları kılavuzu. Ankara, MEB.
- MEBBİS (2024). <https://mebbis.meb.gov.tr/KurumListesi.aspx>. Erişim Tarihi: 10.04.2024.
- meroğlu, E., ve Turla, A. (2001). Okul ncesi dönemde yaratıcılık eğitimi ve desteklenmesi. *Milli Eğitim Dergisi*, (151). Erişim adresi: [https://dhgm.meb.gov.tr/yayimlar/dergiler/Milli\\_Egitim\\_Dergisi/151/omeroglu\\_turla.htm](https://dhgm.meb.gov.tr/yayimlar/dergiler/Milli_Egitim_Dergisi/151/omeroglu_turla.htm). Erişim Tarihi: 18.04.2024.
- nder, S., ve Akay, A. (2018). Okul bahçelerinin planlama ve tasarım standartlarının değerlendirilmesi. *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14(26), 126-142.

- Pazar, Ö. D., ve Tuna, A. L. (2024). Çocuklarda çevre bilinci ve günümüzdeki farkındalık. *Social Mentality and Researcher Thinkers Journal (Smart Journal)*, 8(57), 588-605.
- Pawlowski, C. S., Lammert, A. V., Schipperijn, J., & Toftager, M. (2024). Nature-based or traditional kindergarten to develop fundamental motor skills a pilot study. *Journal of Motor Learning and Development*, 1(aop), 1-13.
- Saelens, B. E., Sallis, J. F., & Frank, L. D. (2003). Environmental correlates of walking and cycling: findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Annals of Behavioral Medicine*, 25(2), 80-91.
- Sönmez Türel, H. (2008). "Mekânsal kapasite ölçütlerinin belirlenmesi üzerine bir yöntem araştırması İzmir kenti ilköğretim okulları açık mekânları örneği". Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- Talay, İ., Aslan, F., ve Belkayalı, N. (2010). Okul öncesi eğitim kurumlarında doğa dostu ve çocuk katılımı temelli dış mekan tasarım yaklaşımları: Bir proje önerisi. *Kastamonu Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 18(1), 317-322.
- Tunçeli, H. İ., ve Zembat, R. (2017). Erken çocukluk döneminde gelişimin değerlendirilmesi ve önemi. *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 3(3), 1-12.
- UNICEF (2012). Nüfusta, ailede, sağlık ve eğitim sistemlerinde çocuklar: erken çocukluk gelişimi, okula hazırlık ve okul öncesi eğitim. Erişim adresi: <http://www.unicef.org.tr/en/content/detail/55/early-childhood-development-school-readiness-and-pre-primary-education-2.html>. Erişim Tarihi: 03.05.2024.
- Yaşar, Ö. (2019). Toplumsal değişme ve anaokulu ihtiyacı. *Turkish Studies*, 14(2), 855-872.