



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN: 2149-3898

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ



ISPARTA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Year:
Yıl: 2025

Volume:
Cilt: 26

Issue:
Sayı: 2

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

e-ISSN: 2149-3898

A peer-reviewed international journal, published quarterly (March, June, September, December)
by Faculty of Forestry at Isparta University of Applied Sciences.

Yılda dört sayı olarak (Mart, Haziran, Eylül, Aralık) yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir.
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi tarafından yayınlanmaktadır.

Year/Yıl: 2025, Volume/Cilt: 26, Issue/Sayı: 2

EDITORIAL BOARD / DERGİ YAYIN KURULU

Editor-in-chief / Baş editör

Ramazan Özçelik Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

Editors / Editörler

A. Alper Babalık	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Abdullah Emin Akay	Bursa Technical University, Türkiye
Aylin Güney	İzmir Katip Çelebi University
Ayşe Deligöz	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Bart Muys	University of KU Leuven, Belgium
Carlos Gonzalez-Benecke	Oregon State University, USA
Ebubekir Gündoğdu	Bursa Technical University, Türkiye
Ender Makineci	İstanbul University-Cerrahpaşa, Türkiye
Esra Bayar	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Fernando Castedo-Dorado	University of León, Spain
Hazan Alkan Akıncı	Artvin Çoruh University, Türkiye
İbrahim Özdemir	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
İbrahim Turna	Karadeniz Technical University, Türkiye
İ. Emrah Dönmez	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Kathryn Arano Gazal	West Virginia University, USA
Mehmet Korkmaz	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Mustafa Avcı	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Nicklas Jansson	Linköping University, Sweden
Onur Alkan	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Oytun Emre Sakıcı	Kastamonu University, Türkiye
Serkan Gülsoy	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Stephen Woodward	University of Aberdeen, Scotland (Emeritus)
Şirin Dönmez	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Taner Okan	İstanbul University-Cerrahpaşa, Türkiye
Tuğba Yılmaz Aydın	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Uzay Karahalil	Karadeniz Technical University, Türkiye
Yusuf Serengil	İstanbul University-Cerrahpaşa, Türkiye

Layout editor / Dizgi editörü

Süleyman Uysal Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

Publisher / Yayıncı kuruluş

Isparta University of Applied Sciences
Faculty of Forestry

Contact / İletişim

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Orman Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye
Phone : +90 246 214 6500
Fax : +90 246 214 6599
Web : <http://dergipark.org.tr/tjf>
E-mail : turkjfor@isparta.edu.tr

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

e-ISSN: 2149-3898

A peer-reviewed international journal, published quarterly (March, June, September, December)
by Faculty of Forestry at Isparta University of Applied Sciences.

Yılda dört sayı olarak (Mart, Haziran, Eylül, Aralık) yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir.
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi tarafından yayınlanmaktadır.

Year/Yıl: 2025, Volume/Cilt: 26, Issue/Sayı: 2

Turkish Journal of Forestry is an online, open access, peer-reviewed, international research journal. Language of the journal is English and Turkish. It publishes four issues a year. It covers subject areas related to forest engineering, forest products engineering, wildlife ecology and management and landscape architecture. Authors should only submit original work, which has not been previously published and is not currently considered for publication elsewhere. Research papers will be given priority for publication while only a limited number of review papers are published in a given issue. It is indexed in ULAKBİM TR Index, CAB Abstracts, DOAJ, Zoological Records, Open Academic Journals Index (OAJI), Cite Factor, Index Copernicus and Cosmos Index. Turkish Journal of Forestry is the official journal of Faculty of Forestry, Isparta University of Applied Sciences. It was previously published under the title "Süleyman Demirel University Faculty of Forestry Journal" between 2000 and 2014.

Turkish Journal of Forestry online ve açık erişimli yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Dergi dili İngilizce ve Türkçe'dir ve yılda dört sayı yayınlanmaktadır. Orman mühendisliği, orman endüstri mühendisliği, peyzaj mimarlığı ve yaban hayatı ekolojisi ve yönetimi çalışma konularında bilimsel makaleler yayınlamaktadır. Dergimize gönderilen makalelerin daha önce yayınlanmamış orijinal çalışmalar olması gerekmektedir. Orijinal araştırmaya dayalı çalışmalara öncelik verilmekte, sınırlı sayıda derleme makale yayınlanmaktadır. Dergimiz ULAKBİM TR Dizin, CAB Abstracts, DOAJ, Zoological Records, Open Academic Journals Index (OAJI), Cite Factor, Index Copernicus, Cosmos Index'te taranmaktadır. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesinin resmi yayını olan Turkish Journal of Forestry, 2000-2014 yılları arasında "Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A" adıyla yayınlanmıştır.

CONTENTS

Research

- Morphometric analysis of Sulakyurt Dam Lake basin
Nilüfer Yazıcı, Eda Ünsal Eceoğlu 120-128
- Spatio-temporal analysis of vegetation dynamics in derived savannah, Ogun State Nigeria from 2002 to 2023
Oluseun Bamidele Banjo, Daniel Abiodun Akintunde-Alo, Peter Oluwagbemiga Ige..... 129-136
- Climate-growth relationships and growth trends of *Cedrus libani*, *Pinus brutia*, and *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* in the Boz Mountains (Western Türkiye)
Aylin Güney, Tuğba Erkan, Raziye Oğlakçı, Eren Özer 137-147
- What do forest firefighters think about organization and infrastructure problems in combating large forest fires?
İsmail Şafak, Devrim Karademir 148-156
- The moderating role of job satisfaction in the relationship between workplace happiness and corporate belonging consciousness: The example of the 4th Regional Directorate of Nature Conservation and National Parks
Gökhan Topaloğlu, Murat Özen, Hasan Alkan..... 157-167
- Effect of melamine urea formaldehyde (MUF) resin on some properties of moisture resistant P5 type particle boards
Mehmet Erdal Kara 168-174
- The effect of ammonium chloride usage on the recycling of fiberboards in the hydrothermal hydrolysis method
Çağrı Olgun..... 175-181

Review

- A new policy tool for conserving biodiversity: Other effective area-based conservation measures
Yunus Aydın, Ayhan Akyol 182-189

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- Sulakyurt Baraj Gölü havzasının morfometrik analizi
Nilüfer Yazıcı, Eda Ünsal Eceoğlu 120-128
- Bitki örtüsü dinamiklerinin 2002-2023 yılları arasında Ogun Eyaleti Nijerya'da seçilen savanada zamansal-mekansal analizi
Oluseun Bamidele Banjo, Daniel Abiodun Akintunde-Alo, Peter Oluwagbemiga Ige..... 129-136
- Boz Dağlar'ında (Batı Türkiye) *Cedrus libani*, *Pinus brutia* ve *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*'nın iklim-büyüme ilişkileri ve büyüme eğilimleri
Aylin Güney, Tuğba Erkan, Raziye Oğlakcı, Eren Özer 137-147
- Orman yangın işçileri, büyük orman yangınlarıyla mücadelede örgütlenme ve altyapı sorunları hakkında ne düşünüyor?
İsmail Şafak, Devrim Karademir 148-156
- İş yeri mutluluğu ve kurumsal aidiyet bilinci arasındaki ilişkide iş doyumunun düzenleyici rolü: Doğa Koruma ve Milli Parklar 4. Bölge Müdürlüğü örneği
Gökhan Topaloğlu, Murat Özen, Hasan Alkan..... 157-167
- Rutubete dayanıklı P5 tipi yonga levhaların bazı özellikleri üzerine melamin üre formaldehit (MUF) reçinesinin etkisi
Mehmet Erdal Kara 168-174
- Hidrotermal hidroliz yönteminde amonyum klorür kullanımının lif levhaların geri dönüşümüne etkisi
Çağrı Olgun..... 175-181

Derleme

- Biyolojik çeşitliliği korumak için yeni bir politika aracı: Diğer etkili alan bazlı koruma önlemleri
Yunus Aydın, Ayhan Akyol 182-189

Sulakyurt Baraj Gölü havzasının morfometrik analizi

Nilüfer Yazıcı^{a,*} , Eda Ünsal Eceoğlu^b 

Öz: Bu çalışmada Sulakyurt Baraj Gölü Havzasının Sayısal Yükseklik Modeli kullanılarak morfometri analizi yapılmıştır. İlk aşamada sahanın 1/25 000 ölçekli topografik haritadan sayısallaştırılan eşyüksekti eğrileri temin edilmiş, bu veriler kullanılarak sahanın Sayısal Yükselti Modeli üretilmiştir. Böylece araziye ait yükseklik, eğim ve bakı haritaları oluşturulmuştur. Daha sonra akarsu havzalarına ait morfometrik parametreler üretilmiş bu parametrelerden; havza alanı, havza çevresi, dere sırası ve sayısı, dere uzunluğu, drenaj yoğunluğu, dere sıklığı, form faktörü, şekil faktörü, dairesellik oranı, çatallanma oranı, drenaj tekstürü, tekstür oranı, engebelilik değeri, havza rölyef vb. analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre çatallanma oranı 3.4, uzama oranı 0.74, form ve şekil faktörleri sırasıyla 0.43 ve 2.31 bulunmuştur. İkinci aşamada analiz sonuçları incelenmiş ve yorumlanmıştır. Havzaya ait üretilen morfometrik veriler, planlama ve yönetim çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Bu çalışma ile elde edilecek veri alt yapısı Sulakyurt Baraj Gölü Havzasında doğal kaynak yönetiminin sürdürülebilir yönetimi için temel altlık oluşturacaktır. Elde edilen veriler sonucu çalışma sahasında eğimin düşük, yüzeysel akışın az, infiltrasyon değerinin yüksek, erozyon riskinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri, Havza, Morfometrik analiz, Sulakyurt barajı

Morphometric analysis of Sulakyurt Dam Lake basin

Abstract: This study provides a morphometric analysis of the Sulakyurt Dam Lake Basin using a Digital Elevation Model (DEM). In the first phase, contour lines digitized from a 1/25,000 scale topographic map were obtained, and using this data, the DEM of the area was created. This allowed the creation of elevation, slope, and aspect maps of the terrain. Then, morphometric parameters of the watershed were generated, including watershed area, perimeter, stream order and number, stream length, drainage density, stream frequency, form factor, shape factor, circularity ratio, bifurcation ratio, drainage texture, texture ratio, ruggedness value, and watershed relief. The analysis revealed a bifurcation ratio of 3.4, an elongation ratio of 0.74, and form and shape factors of 0.43 and 2.31, respectively. In the second phase, the analysis results were examined and interpreted. The morphometric data generated for the basin forms the foundation for planning and management efforts. The data infrastructure obtained through this study will serve as a basic framework for the sustainable management of natural resources in the Sulakyurt Dam Lake Basin. The results indicate that the study area has low slope, minimal surface runoff, high infiltration, and low erosion risk.

Keywords: Geographic information systems, Basin, Morphometric analysis, Sulakyurt dam

1. Giriş

Günümüzde doğal ve kültürel kaynaklar hızla tükenmekte, ancak bu durumu engelleyebilecek etkili koruma stratejileri henüz uygulanamamaktadır. Nüfus artışıyla birlikte tüketimin de yükselmesi, ekosistemler üzerindeki dengenin bozulmasına yol açmıştır (Görür Erol ve Karadeniz, 2018). Bunun yanında, mevcut doğal kaynaklar yanlış arazi kullanımı ve aşırı tüketim nedeniyle yok olma riskiyle karşı karşıya kalmaktadır (Babalık vd., 2021). Etkili doğal kaynak yönetimi ve planlamasının yapılabilmesi için ekosistemlerin korunmasını amaçlayan optimal arazi kullanımının titizlikle belirlenmesi gerekmektedir (Yazıcı vd., 2019a). Doğal kaynakların sınırlarını en belirgin şekilde küçük, orta ve büyük ölçekli havzalar çizmektedir. Havza bazında yapılan ekolojik envanter çalışmaları, yerel ölçekte en önemli bileşenlerin mikro havzalar özelinde ortaya konmasına olanak tanımaktadır (Yüksel vd., 2020; Yazıcı vd., 2019b).

Morfometri, yüzey şekillerinin ölçümü olarak tanımlanır. Morfometrik analizler de özellikle akarsu havzalarına ait jeomorfolojik özelliklerin ortaya konması amacıyla yapılan çalışmalardır. Bu yöntemle havzaya ait jeomorfolojik özellikler sayısal yükseklik modeli (SYM) kullanılarak hesaplanmakta ve elde edilen sonuçlar morfometrik indis değerlerine dönüştürülerek parametreler elde edilmektedir. Her bir parametre havzanın farklı bir özelliğini ortaya koymakta ve havza gelişimine olan etkisini tespit etmektedir (Schumm, 1986; Keller ve Pinter, 1996). Morfometri, şekilsel unsurların rakamlarla ifade edilmesidir. Morfometri, matematik, yer bilimleri ve bilgisayar bilimleri gibi farklı disiplinleri birleştiren, kapsamlı bir bilim dalıdır. Coğrafya, jeomorfoloji, toprak bilimleri, mühendislik ve askeri uygulamalar gibi pek çok alanda uygulanabilir ve yalnızca sayısal tekniklerin bir birleşimi olmanın ötesinde, kendi başına bir bilim dalı olarak kabul edilmektedir (Pike, 1995). Havzaların detaylı morfometrik analizi, jeomorfik tarihini, yer şekillerinin evrimini ve drenaj şebekelerinin gelişiminin

^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

^b Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): niluferyazici@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 05.02.2025, **Accepted** (Kabul tarihi): 30.04.2025



Citation (Atf): Yazıcı, N., Ünsal Eceoğlu, E., 2025. Sulakyurt Baraj Gölü havzasının morfometrik analizi. Turkish Journal of Forestry, 26(2): 120-128.

DOI: [10.18182/tjf.1633688](https://doi.org/10.18182/tjf.1633688)

anlaşılmasına yardımcı olur. Ayrıca, drenaj havzalarının fiziksel özellikleri (örneğin şekil, boyut, drenaj yoğunluğu, akış uzunluğu ve boyutu gibi) ile bu havzaların hidrolojik parametreleri arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır (Strahler, 1952; Mesa, 2006). Havzaya ait üretilen morfometrik veriler, planlama ve yönetim çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Havza karakteristikleri aracılığıyla bir havzanın içerisinde olan kentsel ve kırsal alanların birbirinden ayrı olarak planlanması mümkün olmaktadır (Yazıcı vd., 2021). Bu çalışma ile üretilen veri alt yapısı Sulakyurt baraj gölü havzasında doğal kaynak yönetiminin sürdürülebilir yönetimi için temel altlık oluşturacaktır. Bu nedenle araştırma alanının havza karakteristikleri CBS ile ArcInfo yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Baraj havzası ile ilgili morfometrik analizlerin yapılması barajdan gerektiği kadar verimli ve uzun süre yararlanılabilmesinde önemli bir aşamadır. Baraj, göl ve gölet havzalarının morfometrik analizlerin yapılmasının birden çok faydası vardır. Bunlar; gölün uzun ömürlü olması, gölden verimli ve uzun süre yararlanılması, aktif hacmin ekonomik ömrünün uzun olması ve daha verimli olarak kullanılabilmesi şeklinde sıralanabilir.

Bu çalışma, Sulakyurt Baraj Gölü havzasının morfometrik parametrelerini detaylı bir şekilde inceleyerek, bölgenin hidrolojik özellikleri üzerinde nasıl bir etkisi olduğunu anlamamıza olanak tanıyacaktır. Ayrıca, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yapılan morfometrik analizler, bölgesel su yönetimi ve planlama açısından önemli veriler sunacak ve gelecekteki su kaynakları yönetimi, erozyon kontrolü, sel ve taşkın yönetimi gibi konularda daha etkin stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu sayede, yalnızca havzanın mevcut hidrolojik durumu değil, aynı zamanda gelecekteki potansiyel su yönetimi sorunlarına yönelik çözümler de üretilebilecektir.

Bu çalışmada, Sulakyurt Baraj Gölü havzasının morfometrik parametrelerinin belirlenmesi ve bu parametrelerin havzanın hidrolojik özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışmanın temel hedefleri: 1- havzanın morfometrik parametrelerinin genel olarak incelenmesi, 2- Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak belirli morfometrik özelliklerin

analiz edilmesi, 3- elde edilen sayısal veriler doğrultusunda bu parametrelerin havzanın hidrolojik özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması olarak belirlenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

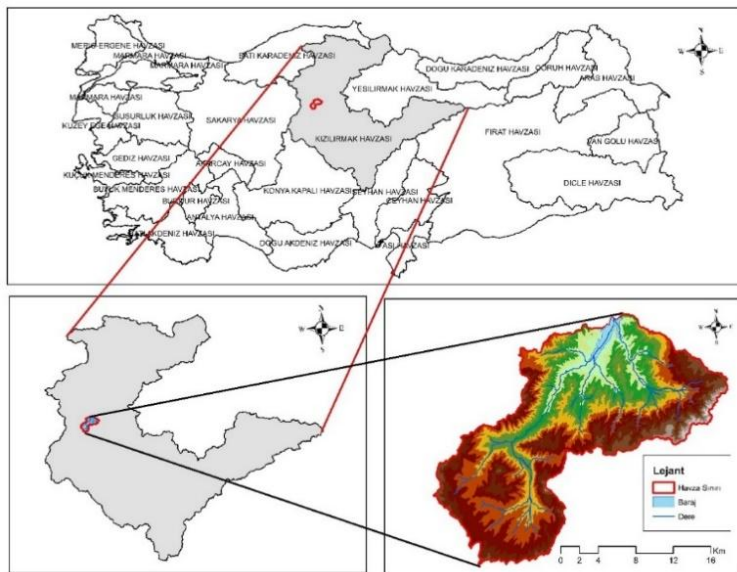
Sulakyurt baraj gölü havzasının morfometrik parametreleri ve bu parametrelerin havzanın hidrolojik özellikleri üzerindeki etkileri çalışmanın materyalini oluşturmaktadır.

2.1. Materyal

Sulakyurt baraj gölü havzası Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Kızılırmak havzası içerisindeki bir baraj havzasıdır. Kırıkkale ilinin Sulakyurt ilçesinde bulunan Sulakyurt barajını ve çevresindeki dağlık arazileri içerir (Özsan ve Kadioğlu, 1997). Çalışma alanı; ülke koordinat sistemi içinde, 40°11'10," kuzey enlemi ve 33°45'12.6" doğu boylamı arasındadır. Barajın öncelikli amacı içme suyu ve sulama ihtiyacını karşılamaktır (Suyapı , 2024). Kullanım amaçları arasında Sulakyurt ilçesi ve Kızılırmak nehri arasında kalan alanda sulu tarım yapılması da vardır (Şekil 1) (Özsan ve Kadioğlu, 1997).

2.2. Yöntem

Araştırma büro, arazi ve değerlendirme çalışmaları olmak üzere 3 aşamada yürütülmüştür. Araştırma alanının SYM haritası ArcGIS 10.6 programı kullanılarak elde edilmiştir. 1/25.000 ölçekli topografik haritalardan elde edilen sayısal yükseklik modelinden; yükseklik, eğim, bakı ve arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca mevcut sayısal yükseklik modelinden ArcHydro yazılımı ile havzalara ait drenaj ağı, dere uzunlukları ve alt havzalar elde edilmiştir. Havzaya ait alansal, çizgisel ve rölyef morfometrisi özelliklerinin büyük bölümü Çizelge 1'de belirtilen yöntemlerle belirlenmiştir (Görür Erol ve Karadeniz, 2018; Dursun ve Babalık, 2023).



Şekil 1. Sulakyurt baraj gölü havzası konumu
Figure 1. Geographical Location of the Sulakyurt Dam Lake basin

3. Bulgular

Bu çalışma çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisi şeklinde 3 gruba ayrılmıştır ve toplam 30 morfometrik parametrenin değerlendirilmesine yer verilmiştir (Çizelge 2).

3.1. Çizgisel morfometri

Çizgisel morfometri, havzaların drenaj ağlarında yer alan çizgisel şekillerin incelenmesi ve yorumlanmasına dayalı bir yöntemdir (Özdemir, 2011).

3.1.1. Dere sırası ve sayısı

Bu çalışmada dere sınıflandırması Strahler'in ortaya koyduğu sisteme göre derecelendirilmiştir (Strahler, 1957). Sulakyurt baraj gölü havzası toplam 4 akarsu dizini ve buna bağlı olarak 50 dere sayısına sahiptir. 1.derece sırada 30 adet dere sayısı, 2. derece sırada 16 adet dere sayısı, 3. derece sırada 3 adet dere sayısı ve 4. dereceden de 1 adet dere sayısı bulunmuştur (Şekil 2).

3.1.2. Dere uzunluğu

Dere uzunluğu (Lu), bir akışın kaynağından drenaj bölgesine kadar olan mesafeyi ifade eder. (Strahler, 1964). Sulakyurt baraj gölü havzasında 4. dereceye kadar çıkan 50 adet kuru ve sulu dere bulunmakta ve toplam uzunlukları 143.3 km'dir. Ana derenin eğimi %0.98 bulunmuştur.

3.1.3. Çatallanma oranı

Çatallanma oranı (Rb) Horton tarafından geliştirilen, Strahler akarsu dizin metodunu kullanan bir morfometrik orandır (Horton, 1932; Strahler, 1957; Pike vd., 2009). Sulakyurt baraj gölü havzasının çatallanma oranı 3.4'dür. Havzada derelerin çatallanma oranı 1. ve 2. dereceden derelerde 3. ve 4. derece derelere göre daha yüksek orandadır. Bu sebeple homojen bir jeolojik yapıya sahip değildir. Çatallanma oranına göre Sulakyurt baraj gölü havzasının erozyona uğrama eğiliminin yüksek olduğu söylenebilir.

Çizelge 1. Havzaya ait bazı morfometrik parametreler

Table 1. Some morphometric parameters of the basin

Morfometrik Parametreler			
Çizgisel Morfometri	Formül	Birim	Kaynaklar
Dere Sayısı	N	Adet	(Strahler, 1964)
Akarsu Dizin sayısı	Nu	Adet	(Strahler, 1964)
Dere Uzunluğu	Lu	km	(Horton, 1932)
Çatallanma Oranı	$Rb = Nu/N(u+1)$		(Sreedevi vd., 2013)
Alansal Morfometri			
Havza Alanı	A	ha	
Havza Uzunluğu	L	km	
Havza Genişliği	B	km	
Drenaj Yoğunluğu	$Dd = \Sigma Lu/A$	km.km-2	(Verstappen, 1983)
Dere Sıklığı	$Fs = Nu/A$	Adet.km-2	(Horton, 1932)
Form Faktörü	$Rf = A/Lb^2$		(Reddy vd., 2004)
Rölyef Morfometrisi			
Maksimum Havza Rölyefi	$Bh = H_{max} - H_{min}$	m	(Özhan, 2004)
Rölyef Oranı	$Rh = H/Lb$		(Özhan, 2004)
Engebelilik Değeri	$Rn = BhxDd$		(Schumm, 1956)

3.1.4. Tekstür oranı

Tekstür oranı (T), bir akarsu ağındaki 1. dizindeki akarsuların sayısının havzanın çevresine oranını ifade etmektedir (Horton, 1945). Sulakyurt baraj gölü havzasının tekstür oranı 0.42'dir. Bu oran havzanın tekstür yapısının çok kaba olduğunu göstermektedir.

3.1.5. Yüzeysel akış uzunluğu

Yüzeysel akış uzunluğu (Lo), seylan şeklinde akan suyun akarsu vadilerinde çizgisel akışa geçmeden önceki mesafesini ifade eder (Horton, 1945). Sulakyurt baraj gölü havzasının yüzeysel akış uzunluğu 1.31'dir. Araştırma havzasında yüzeysel akış uzunluğu değerinin düşük çıkması havzanın uzunlamasına şekli olduğunu göstermektedir. Uzunlamasına havzalarda, yüzeysel akış uzunluğu da doğru orantılı olarak yüksek olmaktadır. Drenaj ağı sık ve dairesel olan havzalarda yüzeysel akış uzunluğu düşük çıkmaktadır. Bu durum, suyun toplanma süresini kısaltmaktadır. Uzunlamasına olan havzalarda ise değerler daha yüksek çıkmaktadır.

3.2. Alansal morfometri

Alansal morfometri, havzaların drenaj ağı gelişimi ile geometrik özellikleri arasındaki ilişkiyi tanımlar. Bu parametrelerin uygulanması, havzanın uzunlamasına mı yoksa dairesel bir şekle mi sahip olduğunu belirlememize yardımcı olur.

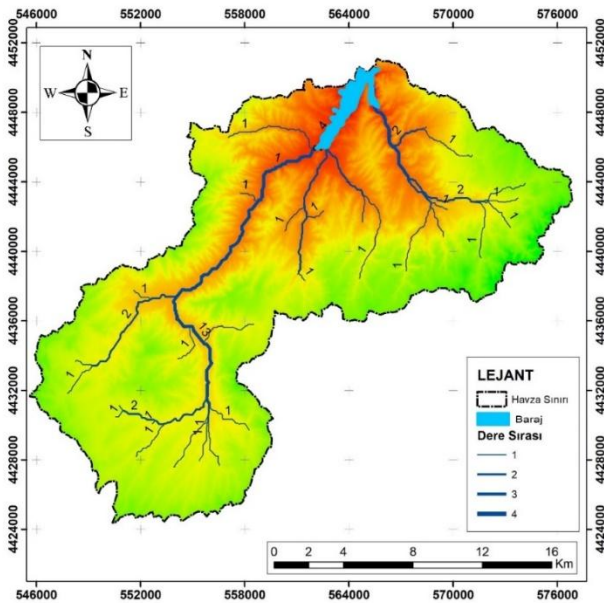
3.2.1. Havzanın alanı

Havza sınırı havza alanının bütünündeki drenaj ağlarını besleyen kanallara ait alt havzalarla belirlenebildiği gibi havza sınırındaki herhangi bir noktaya göre de belirlenebilir (Akkaya vd., 2004). Çalışma havzasının toplam alanı 37988.4 ha'dır.

Çizelge 2. Sulakyurt baraj gölü havzasının morfometrik parametre sonuçları

Table 2. Results of morphometric parameters for the Sulakyurt Dam Lake basin

Parametre	Açılımı	Birimi/Formül	Değeri
Nu	Akarsu dizinindeki toplam kol sayısı	adet	50
N(u+1)	Bir üst akarsu dizinindeki toplam kol sayısı	adet	
	1. mertebeden dere sayısı	adet	30
	2. mertebeden dere sayısı	adet	16
	3. mertebeden dere sayısı	adet	3
	4. mertebeden dere sayısı	adet	1
N	Toplam dizin sayısı	adet	4
Lu	Dere uzunluğu	km	
	1	km	68.7
	2	Km	35.7
	3	Km	7.6
	4	Km	31.3
A	Havza alanı	Ha	37988.4
L	Havza uzunluğu	Km	29.6
P	Havza çevresi	Km	119.3
Lb	Maksimum havza uzunluğu	Km	30.88
Hmax	Havzanın en yüksek noktası	M	1375
Hmin	Havzanın en düşük noktası	M	750
H	Ortalama havza yüksekliği	M	1057
H	Rölatif yükseklik		625
B	Havza genişliği	Km	21.5
ΣL	Toplam drenaj uzunluğu	Km	143.3
Rb	Çatallanma oranı	$Rb = Nu/N(u+1)$	3.4
Dd	Drenaj yoğunluğu	$Dd = \sum L / A$	0.38
Fs	Dere sıklığı	$Fs = Nu/A$	0.13
Rf	Form faktörü	$Rf = A/L^2$	0.43
Rs	Şekil faktörü	$Rs = L^2/A$	2.31
Rc	Dairesellik oranı	$Rc = 4\pi * A/P^2$	0.34
Re	Uzama oranı	$Re = 2/Lb * A/\pi^{1/2}$	0.74
Cc	Kompaktlık katsayısı	$Cc = 0.2821P/A^{0.5}$	1.73
Rt	Drenaj tekstürü	$Rt = Nu/A$	0.13
T	Tekstür oranı	$T = Nu1/P$	0.42
Bh	Havza reliefi	$Bh = Hmax - Hmin$	625
Lo	Yüzeysel akış uzunluğu	$Lo = 1/2Dd$	1.31
Rh	Relief oranı	$Rh = H/Lb$	0.02
Rn	Engbelilik değeri	$Rn = Dd * Bh$	0.23
Hi	Hipsometrik integral	$Hi = H - Hmin/Hmax - Hmin$	0.49
I	İnfiltrasyon oranı	$I = Dd * Fs$	0.05



Şekil 2. Sulakyurt baraj gölü havzasının Strahler yöntemine göre dere dizilimi

Figure 2. Stream ordering of the Sulakyurt Dam Lake basin according to the strahler method

3.2.2. Havza uzunluk oranı

Havza uzunluk oranı (Re), akarsu drenaj havzasının şeklini tanımlar (Schumm, 1956). Sulakyurt baraj gölü havzasında uzunluk oranı 0.73 olarak hesaplanmıştır. Bu değerle havza orta derecede uzamış havzalar sınıfına girmektedir. Bu durum havzada erozyon ve sediment taşınımı riskinin yüksek olduğunu göstermektedir.

3.2.3. Dere sıklığı

Dere sıklığı (Fs), bir kilometrekareye düşen akarsu dizin sayısını ifade eder. Havzalarda yüksek Fs değerleri; geçirgen olmayan zemin yapıları, seyrek bitki örtüsü ve yüksek rölyef özelliklerini gösterirken; düşük Fs değerleri geçirgen zemin yapıları, sık bitki örtüsü ve homojen rölyef özelliklerini ortaya koyar (Özdemir, 2007; Görür Erol ve Karadeniz, 2018; Dursun ve Babalık, 2023). Sulakyurt baraj gölü havzasının dere sıklığı 0.13 adet/km²'dir. Dere sıklığı değerlerinin düşük olması havzanın geçirgen arazi yapısı özellikleri ve alçak topografya özelliklerini taşıdığını göstermektedir (Pawar-Patil ve Mali, 2013; Görür Erol ve Karadeniz, 2018).

3.2.4. Drenaj yoğunluğu

Drenaj yoğunluğu (Dd), tüm mertebelerdeki akarsuların toplam uzunluğunun (Lu), havza alanına (A) oranı olarak tanımlanan bir parametredir. Drenaj yoğunluğu hesaplanırken, bir akarsu havzasındaki maksimum yağışlarda yatağa ulaşan suyu taşıyan tüm vadilerin toplam uzunluğu dikkate alınır (Özdemir, 2011). Sulakyurt baraj gölü havzasının drenaj yoğunluğu 0.38 km/km^2 hesaplanmıştır. Drenaj yoğunluğunun fazla olduğu havzalarda taşkın potansiyeli yüksektir (Farhan vd., 2017). Dd değeri 0-2 arasında olduğu için havzanın toprak geçirgenliğinin yüksek olduğu söylenebilir.

3.2.5. Dairesellik oranı

Dairesellik oranı (Rc), havzanın şeklini belirlemek için kullanılan bir parametredir. Havza alanının havza çevre uzunluğuna sahip bir dairenin alanına oranı ile bulunur (Yılmaz, 2010). Çeşitli iklim ve jeolojik özellikler gösteren bölgelerde, bu oran 0.6 ile 1.0 arasında değişiklik göstermektedir. Oranın 1 olması, genellikle alçak topoğrafyayı temsil eder. Ancak 0.6-0.8 arasındaki değerler, genellikle dik ve sarp bir topografik durumu işaret eder (Balcı ve Özyuvacı, 1988). Sulakyurt baraj gölü havzasının dairesellik oranı 0.34'tür. Yüksek Rc değeri dairesel bir havzayı ve yüksek taşkın olasılığını ifade ederken, düşük Rc değeri uzunlamasına bir havzayı ve düşük taşkın olasılığını ifade etmektedir (Ward ve Robinson, 2000).

3.2.6. Form faktörü

Form Faktörü (Rf); havza genişliğinin havza uzunluğuna oranı ile hesaplanmaktadır (Özhan, 2004). Sulakyurt baraj gölü havzasında form faktörü 0.43 bulunmuştur. Bu değer 1'den küçük olması havza uzunluğunun havza genişliğinden büyük olduğunu göstermektedir. Form faktörü küçüldükçe havza şekli daha dar ve uzun kabul edilmektedir.

3.2.7. Şekil faktörü

Şekil faktörü (Rs), havza uzunluğunun karesinin havza alanına oranı ile hesaplanır (Özhan, 2004). Sulakyurt baraj gölü havzasında şekil faktörü 2.31 bulunmuştur. Bu değer havzanın uzunlamasına bir şeklinin olduğunu göstermektedir. Çünkü şekil faktörünün 1'den büyük olması, havzanın uzunlamasına bir şekle sahip olduğunu, 1'den küçük olması ise havzanın dairesel bir şekil aldığını gösterir (Erol ve İlhan, 2011; Görür Erol ve Karadeniz, 2018).

3.2.8. Kompaktlık katsayısı

Havza çevresinin havza alanına sahip olan bir dairenin çevresine oranı ile bulunan değerdir. Sulakyurt baraj gölü havzasının kompaktlık katsayısı 1.73'tür. Bu değer havzanın daireden uzaklaşan, uzunlamasına bir durumda olduğunu göstermektedir. Kompaktlık katsayısının değeri arttıkça, havzanın şekli dairesellikten uzaklaşır ve daha düzensiz hale gelir (Özhan, 2004; Çokoyoğlu, 2008).

3.2.9. Drenaj tekstürü

Drenaj tekstürü; araştırma alanının jeolojik yapısını, infiltrasyon değeri ve alanın şekli ile ilgili fikir veren önemli parametrelerden biridir (Rai vd., 2018). Sulakyurt baraj gölü havzasının drenaj tekstürü 0.13'tür. Bu değere göre havzanın iri taneli tekstür yapısına sahip olduğu söylenebilir. Aynı zamanda geçirgen kayalardan oluşan, az eğimli, daha stabil bir arazi yapısının olduğunu göstermektedir. 2'den az drenaj tekstür değeri çok iri taneli, 2-4 arasında ise kaba tekstürlü, 4-6 aralığında ise orta tekstürlü, 6-8 aralığında ise de ince ve 8'den büyük olunca da çok ince tekstürlü olarak ifade edilir (Smith, 1950).

3.3. Rölyef morfolometrisi

Rölyef morfolometrisi havzaların drenaj koşulları ve rölyef özellikleri arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Rölyef morfolometri indis sonuçlarına bakılarak havzanın topografik özelliklerinin ortaya çıkartacağı taşkın ihtimali belirlenmeye çalışılmıştır.

3.3.1. Havza rölyefi

Havza rölyefi (Bh), havzanın maksimum ve minimum yükseltisi arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Schumm, 1956). Sulakyurt baraj gölü havzasının havza rölyefi 625 m'tir. Bu değer sonucuna göre havzada yaşanan erozyon sorunu düşük denebilir.

3.3.2. Rölyef oranı

Rölyef oranı (Rh); havzanın maksimum ve minimum yükseltisi arasındaki farkın, havzanın maksimum uzunluğuna oranı olarak tanımlanır (Schumm, 1956). Sulakyurt baraj gölü havzasının rölyef oranı 0.02'dir. Alanın rölyef oranı düşük olduğu için havzanın düz ve hafif arazilerden oluştuğu belirtilebilir. Mahala (2019)'a göre yüksek rölyef oranı, yüksek erozyon potansiyelini ve taşkın riskini ifade eder.

3.3.3. Engebelilik değeri

Engebelilik Değeri (Rn); bir arazinin yükselti farklarını belirten bir parametredir (Reddy vd., 2004). Sulakyurt baraj gölü havzasının engebelilik değeri 0.23'tür. Bu değer arazi yapısının düz veya hafif eğimli, taşkın riskinin ise az olduğunu göstermektedir. Yüksek Rn değeri yüksek rölyef koşulları ve buna bağlı olarak yüksek taşkın olasılığını ifade ederken, düşük Rn değeri ise düşük rölyef koşulları ve düşük taşkın olasılığını göstermektedir (Jothimani vd., 2021).

3.3.4. Hipsometrik integral

Hipsometrik integral (Hi; hipsometrik indeks veya yükselti/ alan oranı) hipsometrik eğrinin altında kalan toplam alanı ifade etmektedir (Pike vd., 1971; Mayer, 1990). Sulakyurt baraj gölü havzasının hipsometrik integral değeri 0.49 bulunmuştur. Bu değer, drenaj havzasının kısmen ileri gençlik dönemine doğru geçiş yaptığını göstermektedir.

3.3.5. İnfiltrasyon oranı

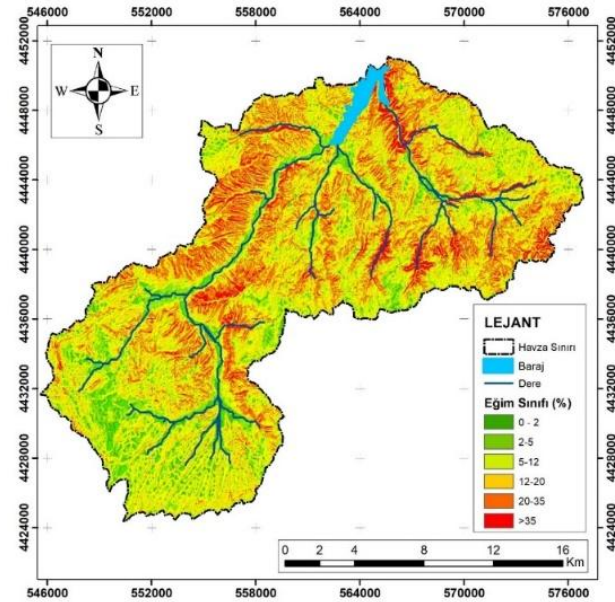
İnfiltrasyon oranı, drenaj yoğunluğu ile dere sıklığına bağlıdır (Ali ve Khan, 2013). Sulakyurt baraj gölü havzasının infiltrasyon oranı 0.05'tir. Bu değer havzada infiltrasyonun yüksek olduğunu göstermektedir.

3.3.6. Eğim ve bakı durumu

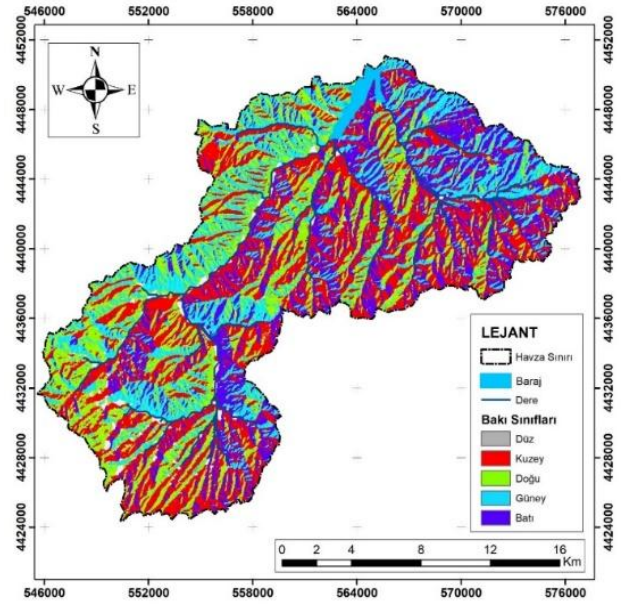
Havzanın eğim dağılımında 0-2 derece eğim sınıfı toplam alanın %6.41'lik kısmını kaplarken, >35 derece eğim sınıfı ise toplam alanın %4.15'lik kısmını kapsamaktadır. En fazla alan kapsayan eğim grubu ise %32.19'luk bir alan ile 5-12 derece eğim grubudur. Havzanın genel bakı durumu %30.62'lik dilimle kuzey yönlüdür. En az alanın ise %2.95'lik kısım ile düz alan olduğu bulunmuştur. Sulakyurt baraj gölü havzasının ≥ 1200 m yüksekliğe sahip alanı %7.96'lık dilimde iken en düşük yükseklik %1.25'lik dilimle 750-800 m aralığındadır. En fazla alana sahip yükseklik grubu ise %18.95'lik dilimle 1100-1150 m aralığıdır (Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5).

3.3.7. Arazi kullanım türü/razi örtüsü

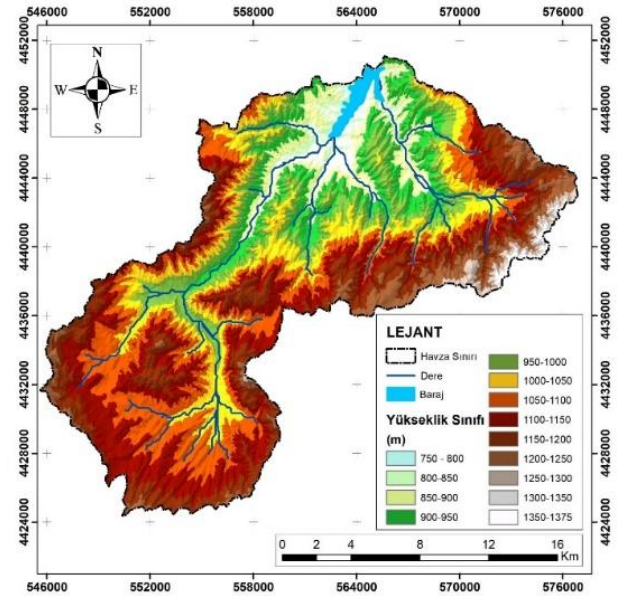
Sulakyurt baraj gölü havzası arazi kullanım durumuna göre 5 farklı arazi kullanım türü belirlenmiştir (Şekil 6). Bunlar ağaçlandırma alanı, ziraat alanı, ormanlık alan (bozuk, ibrelî, karışık, baltalık), mera ve iskân alanlarıdır. Sulakyurt baraj gölü havzasının ormanlık alanları içerisinde verimli orman alanı %21.8'lik kısmı, bozuk orman alanı ise %78.2'lik kısmını oluşturmaktadır. Sulakyurt baraj gölü havzasının ormanlık alanları içerisinde %98.5'lik kısmı yapraklı ormanlık alan, %1.5'lik kısmı ise ibrelî ormanlık alandan oluşturmaktadır. Ormanlık alan içerisinde geniş yapraklı orman varlığının iğne yapraklı orman varlığından çok olması yüzeyel akışın daha yavaş ilerlemesine, yapraklara düşen suyun intersepsiyon ile toprakla buluşmadan yok olmasına ve suyun yere daha yavaş düşerek infiltrasyonun artmasına yardımcı olmaktadır. Böylece yüzeyel akışla taşınan sediment miktarı da az olacaktır.



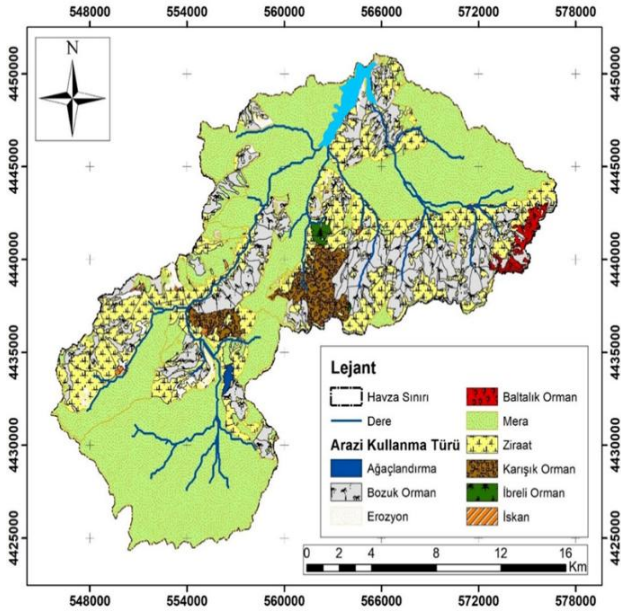
Şekil 3. Sulakyurt baraj gölü havzası eğim haritası
Figure 3. Slope map of the Sulakyurt Dam Lake basin



Şekil 4. Sulakyurt baraj gölü havzası bakı haritası
Figure 4. Aspect (slope orientation) map of the Sulakyurt Dam Lake basin



Şekil 5. Sulakyurt baraj gölü havzası yükseklik haritası
Figure 5. Elevation map of the Sulakyurt DAM lake basin



Şekil 6. Sulakyurt baraj gölü havzası arazi kullanım durumu haritası

Figure 6. Land use map of the Sulakyurt Dam Lake basin

4. Tartışma ve sonuç

Havzaların morfometrik parametrelerinin sayısal analizi, toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir (Yazıcı, 2019a). Analizlerde havzanın dere sayısı, dere sırası, uzunluğu, genişliği, drenaj yoğunluğu, dere sıklığı, çatallanma oranı vb. parametreler değerlendirilerek çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisine dair sayısal veriler elde edilmiştir.

Çalışma havzasının yükseklik haritası verileri sonucu maksimum yükseklik 1375 m iken minimum havza yüksekliği 750 m'dir. Havzada toplam 4 dere sırası bulunmaktadır. Acar (2018) Çorum Ahmetçe mikrohavzasında yapmış olduğu çalışmada devamlı ve periyodik 5 dere sırasının üzerinde toplam 524 adet derenin olduğunu belirtmiştir. Ayrıca drenaj yoğunluğunun iyi olmasının havza yüzeysel sularının uzaklaştırılmasında iyi bir özellikte olduğunu ifade etmiştir. Havzanın en yüksek paya sahip eğim grubu %32.19 oran ile %5-12 arası eğim sınıfıdır. Eğimin yüksek olmadığı alanlarda suyun infiltrasyonu fazla buna bağlı olarak ise yüzeysel akışı az olmaktadır. Bu durum erozyon riskinin yüksek eğim grubu olan sahalara göre daha az olduğunu göstermektedir. Bakı haritası incelendiğinde elde edilen sonuçlarda kuzey bakının havza üzerindeki oranı %30.62 olup bunu %23.45 ile doğu, %22.37 ile batı takip etmektedir. Bu durum bize bakı oranlarının yakın olduğunu göstermektedir.

Havzanın çatallanma oranı (Rb) 3.4 olarak hesaplanmış olup, bu değer drenaj ağının nispeten dengeli ve düzenli bir yapıda olduğunu göstermektedir. Çatallanma oranının bu seviyede olması, havzada oluşacak yüzey akışının yönlendirilmesinde etkin bir dağılım sağlayabilir ve aşırı yağış dönemlerinde akışın istikrarlı kalmasına katkıda bulunabilir. Pareta ve Pareta (2011)'nin çalışmasında çatallanma oranı 3.0-4.7 değerleri arasındadır. Oranın daha yüksek değerleri drenaj yapısında meydana gelen bozulmaları işaret ederken, düşük değerler ise havzanın

yapısal bozulmalardan etkilenmediğini gösterdiği ifade edilmiştir.

Havzanın yüzeysel akış uzunluğu (Lo) 1.31, drenaj yoğunluğu (Dd) 0.38 km/km², dere sıklığı (Fs) ise 0.13 km² olarak tespit edilmiştir. Drenaj yoğunluğunun nispeten düşük olması havzanın geçirgen bir yapıya sahip olduğunu, yüzey akışının sınırlı ve yeraltı akışının etkin olduğunu işaret etmektedir. Bu durum bölgenin yüzey akışının kontrollü kalmasını sağlarken taşkın riskini minimize etmektedir. Benzer şekilde düşük dere sıklığı, alanda bulunan akarsu kollarının sayısının, drenaj alanına göre daha az olduğunu ve havzanın hidrolojik olarak stabil olduğunu ifade etmektedir. Elbaşı ve Özdemir (2018)'e göre, drenaj yoğunluğu kuzey bakı havzalarında güney bakı havzalarına kıyasla daha düşüktür. Bu durum, güneydeki akarsuların havzalarını daha fazla parçalamış olduğunu ve dolayısıyla sediment taşınım kapasitesinin güneyde daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Form faktörü (Rf) 0.43, şekil faktörü (Rs) 2.31 ve uzama oranı (Re) 0.74 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler havzanın uzun ve dar bir yapıda olduğunu ve yağış sonrası akışın yavaş bir şekilde tepki verdiğini göstermektedir. Dairesellik oranı (Rc) 0.34 olarak belirlenmiş olup, havzanın yuvarlak yerine uzamış bir yapıya sahip olduğunu belirtmektedir. Bu form faktörü ve dairelilik oranı kombinasyonu, yüzey suyu akışının havzada daha uzun süre kalabileceğini, böylece suyun akış süresinin artabileceğini ortaya koymaktadır. Özhan (2004)'e göre, jeolojik olarak homojen bir yapıya sahip havzalarda dairelilik oranı 0.6-0.7 arasında iken heterojen jeolojik yapıdaki bir havzada 0.4-0.5 arasında değerler almaktadır.

Kompaktlık katsayısı (Cc) 1.73 olarak bulunmuştur ve havzanın kompakt olmaktan uzak bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Drenaj tekstürü (Rt) ve tekstür oranı (T) sırasıyla 0.13 ve 0.42 olarak belirlenmiştir. Bu düşük değerler, havzada çok sayıda küçük akarsu kolunun bulunmadığını ve sahanın suyu daha çok yeraltına yönlendiren bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Rölyef oranı (Rh) 0.02 ve engebellik değeri (Rn) 0.23 olarak hesaplanmış olup, havzanın hafif eğim ve düze yakın yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu düşük rölyef oranı erozyon riskinin az olduğunu gösterir. Utlu ve Özdemir (2018) çalışmalarında, rölyef oranı değerlerini karşılaştırmışlardır. En yüksek rölyef oranı değeri, 0.020 ile Biga alt havzasına aittir. En düşük değerler ise sırasıyla Kocabaş (0.012), Kirazlıdere (0.016) ve Kocadere (0.018) alt havzalarına aittir. Biga alt havzasında yüksek bir Rh değeri gözlemlenmesi, havzanın drenaj yoğunluğunun, genel eğim özelliklerinin ve uzunluk oranının yüksek olduğunu, dolayısıyla akışa geçen su miktarının da yoğun olduğunu göstermektedir.

Hipsometrik integral (Hi) 0.49 olarak belirlenmiş olup, havzanın aşınım süreci bakımından olgun bir yapıya ulaştığını, bu nedenle arazinin topoğrafik olarak denge durumuna yakın olduğunu göstermektedir. İnfiltrasyon oranı (İ) 0.05 olarak bulunmuş olup, bu değer yüzey akışının sınırlı olduğunu ve suyun yeraltı akışına yöneldiğini ifade etmektedir. Sunkar ve Avcı (2015) çalışmalarında, Aksu Çayı Havzası için hipsometrik integral değerini 0.45, Batlama Deresi Havzası için ise 0.39 olarak hesaplamışlardır. Bu değerlere göre, Aksu Çayı Havzası gençlik döneminde, Batlama Deresi Havzası ise olgunluk dönemine geçiş aşamasındadır.

Morfometrik analizlerin yapılması, saha hakkında sonraki yıllarda gerçekleştirilecek çalışmalara ışık tutacak ve erozyon, sel ve taşkın gibi sorunların gelecekteki olası etkilerini önceden belirleyerek günümüzdeki problemlerin önlenmesine yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak, incelenen havza, yüksek geçirgenliğe sahip toprak yapısı, düşük drenaj yoğunluğu ve dere sıklığı ile hidrolojik olarak istikrarlı bir profile sahiptir. Havzanın uzun, dar yapısı ve sınırlı yüzey akışı, aşırı yağışlarda dahi akış rejiminin düzenli kalmasını sağlamaktadır. Bu özellikler, havzanın taşkın riskinin düşük olduğunu ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından olumlu bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Açıklama

Bu çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yapılan "Sulakyurt Baraj Gölü Havzasının Morfometrik Analizi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Acar, H., 2018. Çorum Ahmetçe mikrohavza planının havza yönetimi ve ıslahı kriterlerine göre değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Akkaya, A., Ş. T. Gündoğdu., K. S. Demir, A. O., 2004. Sayısal yükseklik modelinden yararlanılarak bazı havza karakteristiklerinin belirlenmesi, Bursa Karacabey İnkaya Göleti havzası örneği. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1): 167-180.
- Ali, S.A., Khan, N., 2013. Evaluation of morphometric parameters; A remote sensing and GIS based approach. Open Journal of Modern Hydrology, 3(1): 20-27. <https://doi.org/10.4236/ojmh.2013.31004>
- Babalık, A. A., Dursun, İ., Yazıcı, N., 2021. Türkiye'de erozyon sorunu ve erozyon tahmininde kullanılan modeller. In İ. Cengizler, & S. Duman (Eds.), Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler – 1, (pp. 182- 205). Ankara: Gece kitablığı.
- Balcı, N., Özyuvacı, N., 1988. Havza Amenajmanı II. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yüksek Lisans Ders Notları, İstanbul.
- Çokoyoğlu, S., 2008. Alibey ve Kâğıthane havzalarında arazi kullanımı ve sorunlarının 50 yıllık değişimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dursun, İ., Babalık, A.A., 2023. Burdur Gölü Havzasındaki morfometrik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 24(1): 25-38. <https://doi.org/10.18182/tjf.1205157>
- Elbaşı, E., Özdemir, H., 2018. Marmara denizi akarsu havzalarının morfometrik analizi. Coğrafya Dergisi, 36: 63-84.
- Erol, A., İlhan, Ş., 2011. Aksu havzası envanteri. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 12: 77-83.
- Farhan, Y., Anbar, A., Al-Shaikh, N., Mousa, R., 2017. Prioritization of semi-arid agricultural watershed using morphometric and principal component analysis, remote sensing, and GIS techniques, the Zerqa River Watershed, Northern Jordan. Agricultural Sciences, 8(1): 113-148. <https://doi.org/10.4236/as.2017.81009>
- Görür Erol, A., Karadeniz, C., 2018. Morfometrik parametrelerin havza hidrolojisi bakımından değerlendirilmesi. Türkiye Ormançılık Dergisi, 19(4):447-454. <https://doi.org/10.18182/tjf.476776>
- Horton, R. E., 1932. Drainage-basin characteristics. Transactions, American Geophysical Union, 13(1): 350-361. <https://doi.org/10.2913/tr013i001p00350>
- Horton, R. E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydro physical approach to quantitative morphology. Bulletin of the Geological Society of America, 56(3): 275-370.
- Jothimani, M., Dawit, Z., Muluaalem, W., 2021. Flood susceptibility modeling of Megech river catchment, lake tana basin, northwestern Ethiopia, using morphometric analysis. Earth Systems and Environment, 5(2): 353-364. <https://doi.org/10.1007/s41748.020.00173-7>
- Keller, E.A., Pinter, N., 1996. Active Tectonics. Prentice Hall, New Jersey, ABD (United States of America)
- Mahala, A., 2019. The significance of morphometric analysis to understand the hydrological and morphological characteristics in two different morpho-climatic settings. Applied Water Science, 10(1): 33. <https://doi.org/10.1007/s13201.019.1118-2>
- Mayer, L., 1990. Introduction to Quantitative Geomorphology. Prentice Hall, USA.
- Mesa, L. M., 2006. Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucuman, Argentina). Environmental Geology, 50: 1235-1242.
- Reddy, G.P.O., Maji, A.K., Gajbhiye, K.S., 2004. Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India—a remote sensing and GIS approach. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 6(1): 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2004.06.003>
- Özdemir, H., 2007. Havran çayı havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi. Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, H., 2011. Havza morfometrisi ve taşkınlar. Fiziki Coğrafya Araştırmaları, Sistemati ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, No:5, 507-526, İstanbul.
- Özhan, S., 2004. Havza Amenajmanı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Özsan, A., Kadioğlu, Y.K., 1997. Sulakyurt baraj yeri granitoidlerinin mühendislik jeolojisi özellikleri. Jeoloji Mühendisliği ve Sondaj Uygulamaları Sempozyumu, 17-19 Şubat, Ankara, s. 32-34.
- Pareta, K., Pareta, U., 2011. Quantitative morphometric analysis of a watershed of Yamuna basin, India using ASTER (DEM) data and GIS. International Journal of Geomatics and Geosciences, 2(1): 248-269.
- Pawar-Patil, V.S., Mali, P.S., 2013. Watershed characterization and prioritization of Tulasi sub watershed: a geospatial approach. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2(6): 2182-2188.
- Pike, R.J., 1995. Geomorphometry: progress, practice and prospect. Zeitschrift für Geomorphologie NF Supplement Band, 101: 221-238.
- Pike, R. J., Wilson, S. E., 1971. Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis. Geological Society of America Bulletin, 82(4): 1079-1084.
- Pike, R. J., Evans, I. S., Hengl, T., 2009. Geomorphometry: a brief guide. Developments in Soil Science, 33: 3-30. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00001-9](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00001-9)
- Rai, P. K., Chandel, R. S., Mishra, V. N., Singh, P., 2018. Hydrological inferences through morphometric analysis of lower Kosi River basin of India for water resource management based on remote sensing data. Applied Water Science, 8: 1-16. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0660-7>
- Schumm, S. A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy New Jersey. GSA Bulletin, 67(5): 597-646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)
- Schumm, S. A. 1986. Alluvial river responses to active tectonics. In E. A. Keller & N. Pinter (Eds.), Active Tectonics: Impact on Society (pp. 80–94). Prentice Hall.
- Smith, K. G., 1950. Standards for grading texture of erosional topography. American journal of science, 248(9): 655-668.

- Sreedevi, P. D., Sreekanth, P. D., Khan, H. H., Ahmed, S., 2013. Drainage morphometry and its influence on hydrology in an semi-arid region: using SRTM data and GIS. *Environmental Earth Sciences*, 70: 839-848. <http://doi.org/10.1007/s12665-012-2172-3>
- Strahler, A. N., 1952. Dynamic basis of geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*, 63: 923-938.
- Strahler, A. N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6): 913-920.
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In V. T. Chow (Ed.), *Handbook of applied hydrology* (pp. 4–74). New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- Sunkar, M., Avcı, V., 2015. Giresun'da sel ve taşkın oluşumuna neden olan aksu çayı ve batlama deresi havzalarının morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, 1(30): 91-119.
- Suyapı, 2024. Su-Yapı'nın 1975 yılından itibaren hizmet verdiği baraj ve hidroelektrik santral tesislerinin listesi. https://www.suyapi.com.tr/upload/Node/18850/xfiles/Su_Yapi_Baraj_HES_Liste_TR+2.pdf, Erişim: 01.11.2024.
- Utlı, M., Özdemir, H., 2018. Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü Biga Çayı havzası örneği. *Coğrafya Dergisi*, 36: 49-62. <https://doi.org/10.26650/JGEOG408101>
- Verstappen, H. T. (1983). *Applied geomorphology: Geomorphological surveys for environmental development*. New York, NY: Elsevier Science.
- Ward, R. C., & Robinson, M. (2000). *Principles of hydrology*. McGraw-Hill. New York, NY, USA:
- Yazıcı, N., Babalık, A. A., Dursun, İ., 2019a. Havza yönetiminde CBS ve uzaktan algılamanın önemi. *International Marmara Sciences Congress (IMASCON)*, 1-3 Kasım 2019, Kocaeli s. 255-260.
- Yazıcı, N., Babalık, A. A., Dursun, İ., 2019b. İklim değişikliği ve havza yönetimi. 2nd International Conference on Technology and Science (Techno-Science 2019), 14–16 Kasım, Burdur, s. 1095–1102
- Yazıcı, N., Babalık, A. A., & Dursun, İ. (2021). Entegre havza yönetimi ve Türkiye'deki uygulamaları. (Ed., K. Özrenk & İ. Tozlu), *Ziraat, orman ve su ürünlerinde araştırma ve değerlendirmeler 2*, Gece Kitaplığı, Ankara, s:279–297.
- Ulu, F., Ayan, S., Yüksel, A., 1999. Trabzon uzunöl havzasında dere akımını etkileyen fizyografik etmenlerin coğrafi bilgi sistemleri ortamında belirlenmesi. *Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulaması Sempozyumu*, 13-15 Ekim, Trabzon, s. 287-296.
- Yılmaz, H., 2010. Çankırı Gökdere havzasının havza karakteristiklerinin ve bazı hidrofiziksel toprak özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Yüksel, A., Meral, A., Demir, Y., Eroğlu, E., 2020. Çapakçur Mikro Havzası'nda (Bingöl) mikro havza ölçekli peyzaj değerlendirmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1): 16-26. <https://doi.org/10.30910/turkjans.679893>

Spatio-temporal analysis of vegetation dynamics in derived savannah, Ogun State Nigeria from 2002 to 2023

Oluseun Bamidele Banjo^{a,*} , Daniel Abiodun Akintunde-Alo^b , Peter Oluwagbemiga Ige^b 

Abstract: Vegetation covers is a significant component of biogeochemical cycles. Derived savannah of Ogun State has been affected by vegetation loss and climate change in recent times. There is lack of information on the rate/extent of vegetation loss in the last two decades. This study assessed changes in vegetation cover in derived savanna ecosystem of Ogun State from 2002 to 2023. Landsat images were downloaded from the repository of the United States Geological Survey (USGS). Composites of red, green, blue and near-infra-red spectral bands of study period were obtained and classified using Maximum Likelihood (ML) algorithm into Land Use Land Cover (LULC) categories as follows: bare soil; built-up areas; forest; and grassland. Change in area extent and rate of change of area of classified images were determined for the study period. Confusion matrix of classified images were generated and compared with Google Earth satellite image with accuracy assessed using kappa coefficients. Overall accuracy of the classified images ranged between 79% and 88% with kappa coefficients of between 0.71 and 0.83. Results showed that built-up area increased from 10.3% cover in 2002 to 35.9% cover in 2023. However, there was a significant decline in forest cover from 31.5% to 13.7% for the same period. Significant increase at 4.2 km² per year in area extent was observed for built-up LULC class while a decline of 2.0 km² per year in forest cover was recorded for Forest LULC category from 2002 to 2023. The study revealed that urbanization increased as extent of initial forest cover were degraded and replaced with physical infrastructure. Therefore, there is urgent need for policies that promote conservation and sustainable management of forests and grasslands, as well as measures to promote green infrastructure and urban greening initiatives to address the decline in vegetation cover in the derived savanna ecosystem of Ogun State.

Keywords: Land use land cover (LULC), Derived savannah ecosystem, Vegetation loss, Maximum likelihood classification

Bitki örtüsü dinamiklerinin 2002-2023 yılları arasında Ogun Eyaleti Nijerya'da seçilen savanada zamansal-mekansal analizi

Öz: Bitki örtüsü biyojeokimyasal döngülerin önemli bir bileşenidir. Ogun Eyaleti'nin savanaları, son zamanlarda bitki örtüsü kaybından ve iklim değişikliğinden etkilenmiştir. Son yirmi yılda bitki örtüsü kaybının oranı/derecesi hakkında bilgi eksikliği bulunmaktadır. Bu çalışma, 2002'den 2023'e kadar Ogun Eyaleti'nin savan ekosistemindeki bitki örtüsündeki değişiklikleri değerlendirmiştir. Landsat görüntüleri Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Kurumu'nun (USGS) web sitesinden indirilmiştir. Çalışma dönemine ait kırmızı, yeşil, mavi ve kızıl ötesi spektral bantların kompozitleri elde edilmiş ve Maksimum Olasılık (ML) algoritması kullanılarak Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (LULC) kategorilerine göre şu şekilde sınıflandırılmıştır: çıplak toprak, yerleşim alanları, orman ve otlak. Çalışma dönemi için sınıflandırılmış görüntülerin alan büyüklüğündeki değişim ve alan değişim oranları belirlenmiştir. Sınıflandırılmış görüntülerin hata matrisi oluşturulmuş ve kappa katsayıları kullanılarak değerlendirilen doğrulukla Google Earth uydu görüntüsüyle karşılaştırılmıştır. Sınıflandırılan görüntülerin genel doğruluğu, 0,71 ile 0,83 arasında, kappa katsayıları ise %79 ile %88 arasında değişmektedir. Sonuçlar, yerleşim alanının 2002'deki %10,3 kapalıktan 2023'te %35,9'a yükseldiğini göstermiştir. Ancak aynı dönemde orman örtüsünde %31,5'ten %13,7'ye önemli bir düşüş göze çarpmaktadır. 2002'den 2023'e kadar, yerleşim LULC sınıfı için alan büyüklüğünde yılda 4,2 km²'lik önemli bir artış gözlemlenirken, orman LULC kategorisi için yılda 2,0 km²'lik bir azalma kaydedilmiştir. Çalışma, başlangıçtaki orman örtüsü azaldıkça ve yerini fiziksel altyapıya bıraktıkça kentleşmenin arttığını ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle, ormanların ve otlakların korunmasını ve sürdürülebilir yönetimini destekleyen politikaların yanı sıra, Ogun Eyaleti'nin savan ekosistemindeki bitki örtüsündeki azalmayı ele almak için yeşil altyapıyı ve kentsel yeşillendirme girişimlerini teşvik edecek önlemlerin alınmasına acil ihtiyaç bulunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Arazi kullanımı/arazi örtüsü (LULC), Savana ekosistemi, Bitki örtüsü kaybı, Maksimum olasılık sınıflandırması

1. Introduction

Nigeria's total land area is covered by forests to the tune of about 12.18%, supporting a range of ecosystem services and livelihood opportunities (Ogundele et al., 2016). From

1976 to 1990, the country experienced an annual deforestation rate of 40,000 hectares across both protected and unprotected forest areas (Roby, 1991). Specifically, during the periods of 1981 to 1985 and 1986 to 1990, deforestation rates in Nigeria's savannah regions were

^a Department of Forestry, Wildlife and Fisheries, Olabisi Onabanjo University, Ayetoro Campus, Ogun State, Nigeria

^b Department of Social and Environmental Forestry, University of Ibadan, Oyo State, Nigeria

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): oluseun.banjo@oouagoiwoye.edu.ng

✓ **Received** (Geliş tarihi): 25.04.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 08.06.2025



Citation (Atıf): Banjo, O.B., Akintunde-Alo, D.A., Ige, P.O., 2025. Spatio-temporal analysis of vegetation dynamics in derived savannah, Ogun State Nigeria from 2002 to 2023. Turkish Journal of Forestry, 26(2): 129-136. DOI: [10.18182/tjf.1473757](https://doi.org/10.18182/tjf.1473757)

recorded at 3.48% and 3.57%, respectively (FAO, 2020) due to increased anthropogenic activities such as clearing of forests for arable farming (Okorundu et al., 2022) and infrastructural development that leads to irreversible loss of biodiversity (Ola et al., 2020). Furthermore, between 2000 and 2005, Nigeria saw a dramatic loss of 55.7% of its primary forests, with the annual rate of forest loss accelerating by 31.2%, reaching 3.12% (Odekunle et al., 2019). Over the two decades from 1990 to 2010, the forest cover in Nigeria significantly reduced, falling from 17,234 hectares to 9,041 hectares (FAO, 2020; FORMECU, 1996).

Nigeria's derived savannah ecosystem holds critical ecological significance and the area's vegetation provides essential ecosystem services (Yang et al., 2021), including carbon sequestration, soil stability, and water regulation, which are vital for both local communities and the larger environment (Adetola and Solanke, 2013). It serves as a habitat for various plant and animal species that have adapted to the specific conditions of this transitional zone (Afolayan et al., 2021). Moreover, the derived savanna ecosystem plays a pivotal role in the intricate balance between natural processes and human activities. Traditional land use practices, such as agriculture, grazing, and resource extraction, intersect with conservation efforts and development aspirations within this transitional derived savannah ecosystem (Ying, 2019). The exploration of vegetation dynamics in derived savannah ecosystem holds immense potential for shedding light on the impacts of land use practices, climate variability, and conservation initiatives (Gomez-Brandon et al., 2018).

In the derived savanna, urban expansion, land conversion and infrastructural development are precipitated by population increase that result in clearing of remnant forest patches in the rural and the peri-urban for road construction, residential, commercial and industrial purposes, thus reducing biodiversity and disrupting ecological balance (Seifollahi-Aghmiuni et al., 2022). There is substantial increase in energy demand to meet the need of the emerging cities from encroachment into forested land, forcing unsustainable harvest of trees for firewood and charcoal (affordable and accessible primary energy sources for cooking and heating) that contribute to forest degradation (Hido et al., 2023). Human-induced activity such as overgrazing by cattle and other livestock are further exacerbated by climate change from evidence of reduced rainfall and prolonged dry seasons leading to soil compaction and slow vegetation regeneration, and eventual forest degradation (Cao et al., 2023; Cao et al., 2013; Quaranta et al., 2020).

The application of time series remote sensing datasets alongside Geographic Information Systems (GIS) is becoming more prevalent in analyzing the spatial and temporal trends of vegetation dynamics from regional to

global extents (Cao et al., 2018; Son et al., 2012). Remote sensing offers a reliable, consistent, and cost-efficient means of gathering data across vast areas for the purpose of monitoring changes in vegetation (Hou et al., 2013). Furthermore, remote sensing techniques are indispensable in examining the spatial and temporal fluctuations of vegetation and identifying the root causes of droughts, especially when on-the-ground drought data is scarce or inconsistent (Naumann et al., 2014; Rojas et al., 2011).

Temporal remote sensing data has been widely utilized to generate vegetation indices that identify periods of vegetative stress (Skakum et al., 2016). The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is particularly prevalent across numerous applications, serving to examine and track the spatial and temporal distribution of vegetation at both regional and continental levels (Son et al., 2012). The scarcity and inadequacy of data on Land Use Land Cover (LULC) classes within ecosystems have raised significant concerns regarding how vegetation responds to anthropogenic activities and climate change (Afuye et al., 2021). However, these concerns have been mainly restricted to analysis of climate and time series NDVI data (Zhe and Zhang, 2021; Ying, 2019).

Following the lack of data on the rate/extent of vegetation loss in the last three decades in the derived savannah ecosystem of Ogun State, there is the need to provide information on deforestation and forest degradation in the derived savannah ecosystem of Ogun State to support government's program in providing updated information about the spatial and temporal patterns of LULC categories. Therefore, this study sets out to determine the LULC features, extent and change pattern of derived savanna ecosystem of Ogun State from 2002 to 2023 with the view to providing interventions to control land degradation and restore degraded ecosystem.

2. Materials and method

2.1. Study area

The study area (Figure 1) encompasses derived savanna ecosystem situated within Ogun State, Nigeria. This unique ecological zone is characterized by a distinctive blend of open grasslands and scattered trees, representing an eco-zone between grassland and forest ecosystems. Geographically, the study area covers approximately 938251.28 ha, located on the following coordinates 6.3°N to 7.8°N latitude and 2.5°E to 4.1°E longitude, encapsulating a diverse range of microclimates and landforms. The region experiences a tropical climate with pronounced wet and dry seasons, profoundly influencing vegetation dynamics and land use practices.

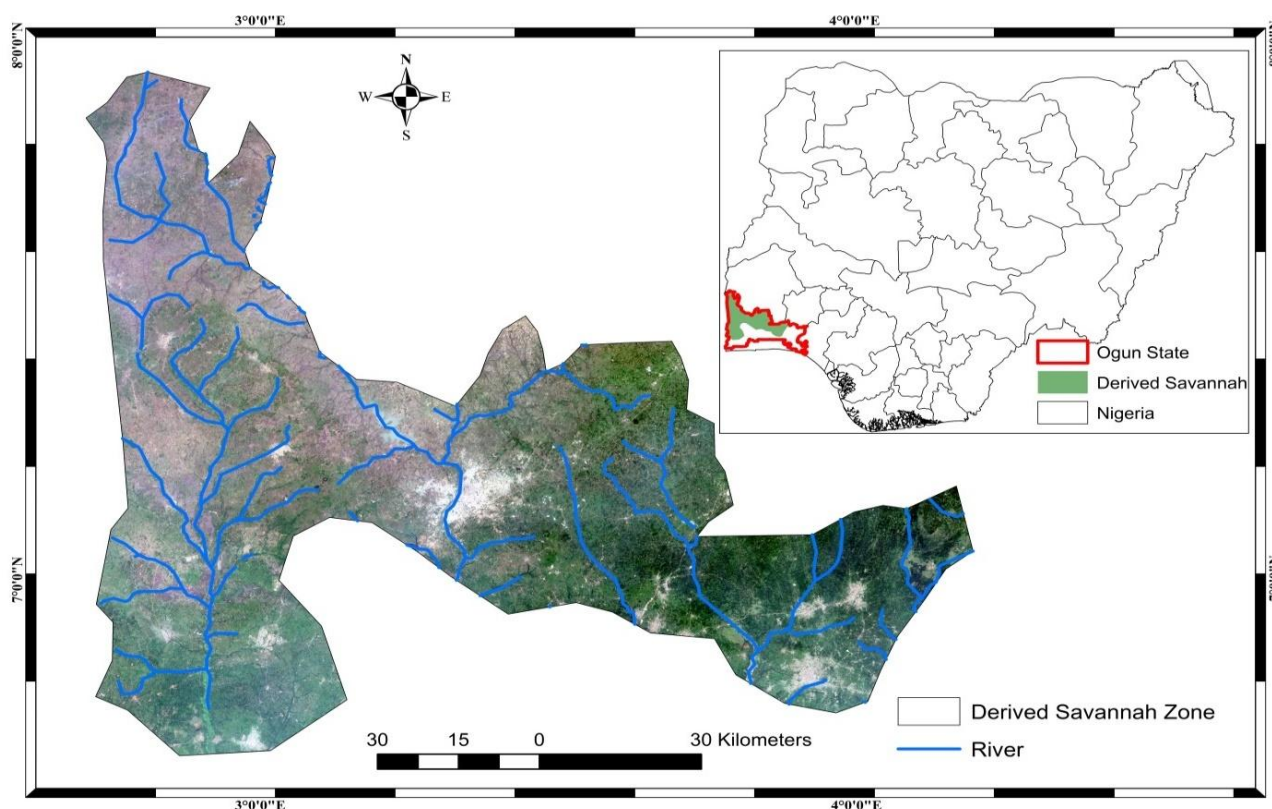


Figure 1. Map of derived savannah zone, Ogun State (Inset: Nigeria, Ogun State shown in red boundary)

2.2. Data collection and image processing

Satellite image data of the study area were obtained from United States Geological Survey (USGS) website (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Cloud coverage of the study area was usually minimal during the dry season periods between December and February. An image of the study area was available in December 2002 on Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). Scan line corrector failure rendered the image of the study area unusable for year 2012. Therefore, an imagery of January 2013 was used instead of the 2012 image. Imagery for the year 2023 was only available in image archive on Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) sensor which became operational in February 2013. Image data with more than 5% cloud cover were not used for the assessment. Therefore, cloud-free Landsat 7 ETM+ imageries (December 2002 and January 2013) and Landsat 8 OLI (January 2023) were downloaded and used for the LULC assessment. Four spectral bands that included Red, Green, Blue and Near Infra-Red as presented in Table 1 were combined to provide RGB composite of the respective epoch in order to enhance the visual classification of the land use and land cover features. Sample combination of bands is presented in Figure 2. Healthy vegetation is represented by deep red hue, while lighter red depicts sparsely vegetated areas, and densely populated urban areas represented by light blue.

Table 1. Spectral description of satellite imagery

Band name	Landsat 7	Landsat 8	Resolution (m)
	TEM+	OLI	
Blue	B1(0.45-0.52)	B2(0.45-0.51)	30
Green	B2(0.52-0.60)	B3(0.53-0.59)	30
Red	B3(0.63-0.69)	B4(0.64-0.67)	30
Near Infra-Red	B4(0.77-0.90)	B5(0.85-0.88)	30

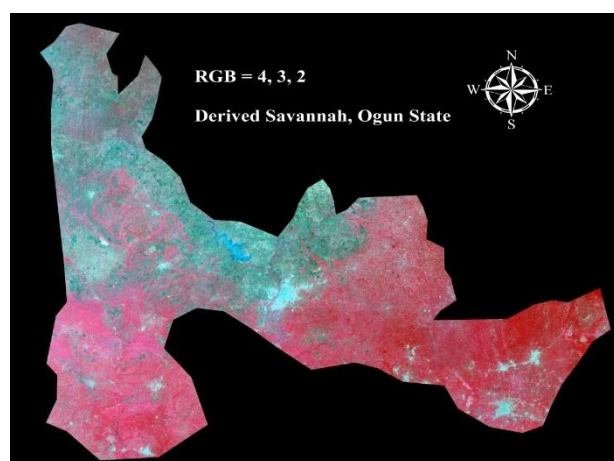


Figure 2. Sample combination of spectral bands

Following the reliability of Maximum Likelihood (ML) statistical procedures in allocating classes for image classification over other techniques, it has become very useful in LULC categorization (Mather and Tso, 2010). Maximum Likelihood (ML) supervised classification algorithm (Rawat and Kumar, 2015) was used to categorize images into the following LULC classes: bare soil, built-up areas, forest and grassland (Anderson, 1976; Srivastava et al., 2012). Training sample data were acquired from Google Earth (<http://earth.google.com>) to conduct ground-truthing exercise and validate the accuracy of the classified images. The workflow procedure used for the study is shown in Figure 3.

2.3. Data analysis

Change in area extent over the years and average rate of change in area of each LULC class were determined as expressed in Equations 1 and 2 respectively (Li et al., 2016; Xu et al., 2011). Data were processed and analyzed using ArcGIS 10.3 and Microsoft Excel software. Confusion matrix was generated to ascertain the accuracy of the

classified images. Accuracy assessment of the classified images were measured by kappa coefficient which relates the level of agreement between pixel value of classified image from ML classification algorithm and the ground truth value from Google Earth image. Kappa coefficient is expressed by Equation 3 (Twumasi et al., 2019) whereby Kappa value 1 indicates accurate map result, while value 0 represents inaccurate map output.

$$\text{Change in Area extent (\%)} = \frac{\text{Area of LULC class}}{\text{Total Area of all LULC classes}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Average Rate of Change (\Delta/year)} = \frac{\text{Change in Area of LULC class}}{\text{Number of Years}} \quad (2)$$

$$\text{Kappa coefficient, } K = \frac{\gamma a - \beta}{\gamma^2 - \beta} \quad (3)$$

where: γ – Total number of points

a – sum of correctly classified points

β – sum of the products of classes between the ground truth points and the classified points

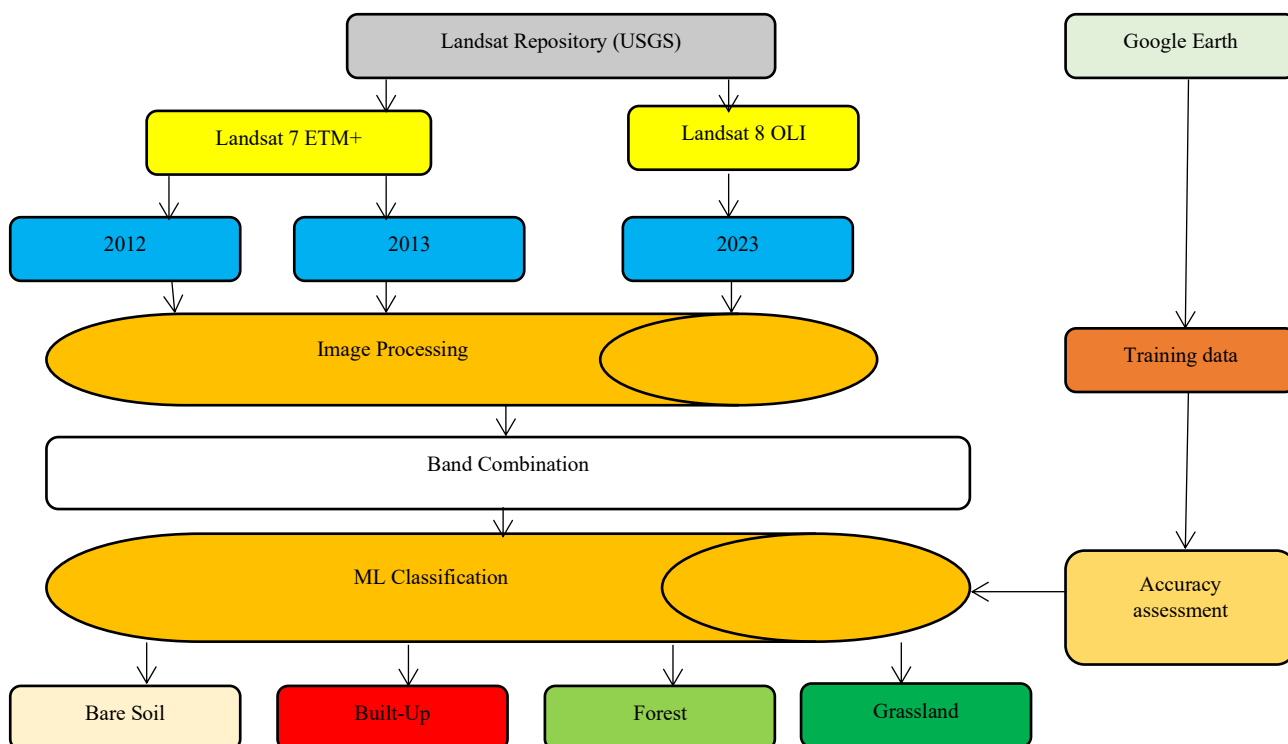


Figure 3. Diagram of workflow for the study

3. Results and discussion

Accuracy assessment results, showing the producer, user, overall accuracy levels and kappa coefficients of the classified images are presented in Table 2. The overall accuracy of the classified images ranged between 79% and 88% while kappa coefficients was between 0.7129 and 0.8326. These values show substantial level of agreement between the classified image (ML classification) and the ground truth reference data from Google Earth. The classified images appeared to have relatively high level of accuracy, comparable to findings of Dash et al. 2023.

The LULC classes included bare soil, built-up (urban areas), forest, and grassland. Figure 4 shows the fluctuations in areal extent of LULC classes in the derived savannah region of Ogun State from 2002 to 2023. Significant fluctuation was observed in extent of “built-up” LULC class when compared to other classes. However, there were no significant fluctuations among the LULC classes that included the bare soil, forest and grassland. The spike observed in “built-up” LULC class between 2002 and 2013 could be attributed to substantial urban sprawl during that period as reported in research carried out by Olayiwola et al. 2018. Sharp decline in built-up area between 2013 and 2023 was probably due to strict enforcement of urban planning

rules to regulate uncontrolled land clearing for infrastructural development (Odekunle et al., 2019).

Built-up area covers almost 60% of the study area by 2023. This is an indication of increase in urbanization which significantly contributes to adverse environmental impacts such as increased air pollution, water runoff, and heat island effects (Ohwo and Abotutu, 2015). Table 3 shows the land use/cover classes and their respective areas (in square kilometers and percentages) for three different years: 2002, 2013, and 2023. As at 2002, bare soil was (31.9%), followed by forest (31.5%), grassland (26.3%), and built-up (10.3%) of the study area. By 2013, the area covered by bare soil decreased significantly to 15.5%, while built-up areas increased significantly to 57.0%. The area covered by forest also decreased to 16.2%, while the area covered by grassland decreased to 11.3%. The sizes of LULC features were as follows by 2023: bare soil (29.8%); built-up areas 35.9%; forest (13.7%); grassland (20.6%). Significant increase in built-up area was observed between 2002 and 2023. However, significant decline in green space of forest cover and grassland was observed between 2002 and 2023. These observations appeared to support the assertion by Areola and Ikporukpo, 2020 about green spaces being cleared for the construction of urban infrastructure.

Table 2. Accuracy levels and kappa coefficients of the LULC images

Year	LULC Class	PA (%)	UA (%)	OA (%)	Kappa
2002	Bare Soil	68.00	94.44	79.00	0.7144
	Built-Up	66.67	92.31		
	Forest	82.76	75.00		
	Grassland	92.86	70.27		
2013	Bare Soil	84.62	84.62	88.00	0.8326
	Built-Up	94.60	87.50		
	Forest	82.14	92.00		
	Grassland	86.36	86.36		
2023	Bare Soil	82.76	82.76	79.00	0.7129
	Built-Up	78.13	78.13		
	Forest	67.86	86.36		
	Grassland	99.00	68.75		

PA – Producer’s Accuracy; UA – User’s Accuracy; OA – Overall Accuracy

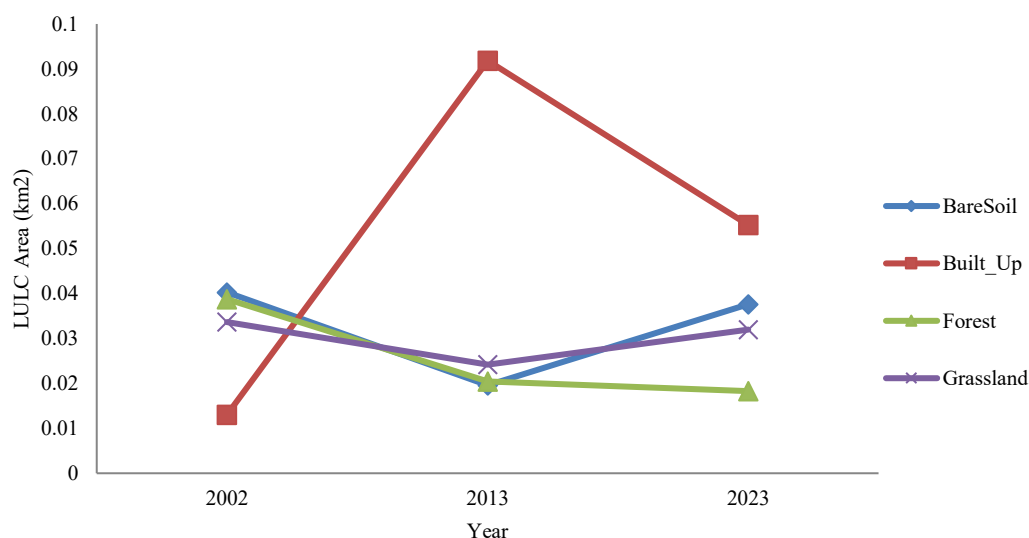


Figure 4. Pattern of changes in LULC features from 2002 to 2023

Table 4 represents the rate of change in sizes of LULC classes. Forest cover class from 2002 to 2023 decreased at the rate of 2.0 km²/year resulting into an annual 0.02 km² loss of forest cover. However, substantial increase in built-up area at an annual rate of 4.2 km², indicating 0.04 km² of land space yearly converted for infrastructural development, was observed between 2002 and 2023. In between the study periods from 2002 and 2013, a decrease in annual rate of change in area of bare soil (-0.021 km²/year) may attest to the various factors such as afforestation efforts, reforestation projects, or natural regeneration processes (Lambin and Meyfroidt, 2011). However, during the period of 2012-2023, there was an increase in area for built-up (+0.042 km²/year) and a decrease in area for forest (-0.020 km²/year). This assertion appears to support the notion of rapid urban expansion that often leads to habitat fragmentation, loss of biodiversity, and increased pressure on natural resources that underscore continued threat of deforestation, driven by factors such as infrastructure development, agricultural expansion and human settlement (Seto et al., 2012). The rate of change for built-up between 2013 and 2023 declined at 3.65 km² per year, indicating a slow-down in urbanization during this period. As reported by Foley et al. 2005, stability in land cover dynamics and slow-down in urbanisation could be due to prohibitive land use policy, harsh economic and environmental conditions.

As shown in Figure 5, LULC composition of derived savanna ecosystem of Ogun State has undergone significant changes between 2002 and 2023. The results indicate a decline in vegetation cover, with forest and grassland areas experiencing significant decrease in area, while urbanization has largely increased. The decline in forest cover is particularly concerning, as forests play a crucial role in

regulating the environment, providing habitat for wildlife, and mitigating the impacts of climate change. However, the rate of forest loss has slowed down during the more recent period, but it is still a cause for concern given the projected further decline in forest cover. The slowing down of the rate of forest loss in the more recent period may offer some glimmer of hope, suggesting that conservation efforts or policy interventions might be having some impact. However, the persistence of forest loss, albeit at a reduced rate, remains alarming, especially considering the projected further decline. This underscores the need for continued and intensified efforts to address the drivers of deforestation, such as agricultural expansion, logging, infrastructure development, and urbanization (Hansen et al., 2013).

The significant decrease in grassland areas also raises concerns, as grasslands support diverse plant and animal species and provide essential ecosystem services, including soil stabilization, carbon sequestration, and support for livestock grazing. The conversion of grasslands to other land uses, such as agriculture or urban development, can lead to habitat fragmentation, loss of biodiversity, and disruption of ecological processes (Foley et al., 2005). The observed increase in urbanization reflects ongoing global trends of rapid urban growth, driven by factors such as population growth, rural-to-urban migration, and economic development. While urbanization can offer socioeconomic opportunities, it also brings about environmental challenges, including habitat loss, air and water pollution, increased energy consumption, and greenhouse gas emissions. Managing urban expansion sustainably is crucial to mitigate its adverse environmental impacts while maximizing its potential benefits (Seto et al., 2012).

Table 3. Sizes of LULC categories

	2002		2013		2023	
	Area(km ²)	Area (%)	Area(km ²)	Area (%)	Area(km ²)	Area (%)
Bare soil	0.0402	31.9	0.0196	15.5	0.0376	29.8
Built-Up	0.0130	10.3	0.0718	57.0	0.0453	35.9
Forest	0.0398	31.5	0.0205	16.2	0.0170	13.7
Grassland	0.0330	26.3	0.0141	11.3	0.0261	20.6
Total	0.1260	100.0	0.1260	100.0	0.1260	100.0

Source: Fieldwork, 2023

Table 4. Rate of change in sizes or extent of LULC classes

LULC	2002-2013		2013-2023		2002-2023	
	Δ in Area (km ²)	Rate Δ Area (km ² /year)	Δ in Area (km ²)	Rate Δ in Area (km ² /year)	Δ in Area (km ²)	Rate Δ in Area (km ² /year)
Bare soil	-0.021	-2.069	0.018	1.805	-0.003	-0.264
Built-Up	0.079	7.876	-0.037	-3.652	0.042	4.224
Forest	-0.018	-1.829	-0.002	-0.218	-0.020	-2.048
Grassland	-0.009	-0.947	0.008	0.779	-0.002	-0.168

Source: Fieldwork, 2023

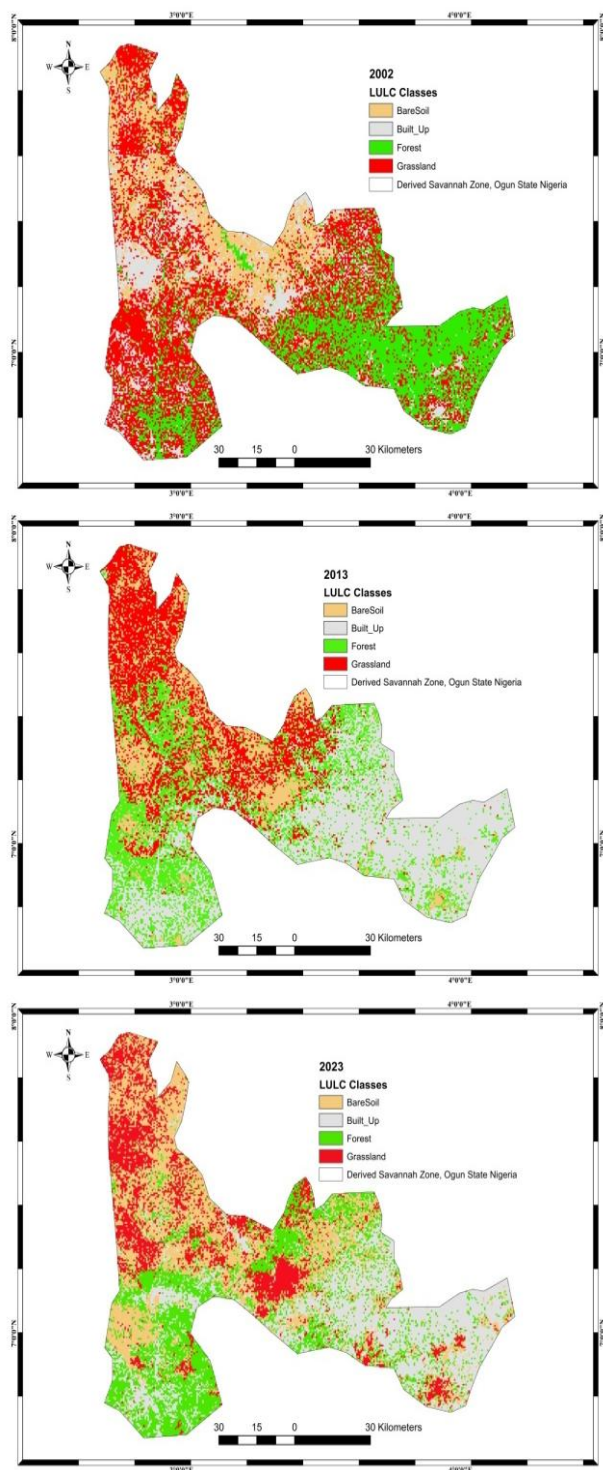


Figure 5. Changes in LULC classes from 2002 through 2013 to 2023

The reported decline in grassland cover over the specified periods is indeed significant and warrants attention due to the vital ecological functions that grasslands provide. Grasslands are diverse ecosystems that support a wide array of plant and animal species and play crucial roles in nutrient cycling, soil formation, carbon sequestration, and water regulation. Grassland cover decline could have several implications for biodiversity conservation, ecosystem services, and human well-being. Furthermore, grasslands

contribute to carbon storage and sequestration, helping to mitigate climate change. Their loss may result in increased carbon emissions and reduced resilience to climate variability (Milchunas and Lauenroth, 1993).

4. Conclusion

Derived savannah ecosystem serves as habitat for various plant and animal species. The ecosystem also provides essential ecosystem services that help to maintain the balance between natural processes and human activities. Over the years, increased anthropogenic activities have resulted in changes of biodiversity structure and composition of derived savannah ecosystem. Thus, LULC features have been significantly altered.

The study examined the extent and rate of change in LULC within the derived savanna ecosystem of Ogun State over three decades. Specifically, decline was most pronounced in forested and grassland areas, indicating substantial ecosystem degradation. The escalation of urbanization emerges as the predominant driver behind this concerning trend. The discernible increase in built-up areas underscores the rapid urban expansion witnessed in Ogun State. As urban centers expand, they encroach upon and fragment natural habitats, leading to the displacement and degradation of native vegetation.

Loss of vegetation cover diminishes the capacity of ecosystems to provide essential services, such as carbon sequestration, biodiversity conservation, and regulation of hydrological cycles. Furthermore, it exacerbates vulnerabilities to environmental hazards such as soil erosion, flooding, and heat island effects. In light of these findings, urgent and concerted efforts are imperative to address the drivers of vegetation loss and promote sustainable land management practices. By way of policy intervention through strict regulation of logging activities, prompt resolution of land tenure and ownership conflicts and provision of incentives for sustainable land management would significantly reduce the degradation of forested land in the derived savanna zone. Comprehensive strategies that encompass land-use planning, conservation initiatives and community engagement are essential to mitigate further degradation and foster resilience within the derived savanna ecosystem of Ogun State.

References

- Adetola, O., Solanke, A., 2013. Ecological significance and environmental problems of savanna ecosystems. *Journal of Scientific Research and Reports*, 2(2): 345-356.
- Afolayan, W. A., Akanbi, W. B., Afolayan, A. F., Adekunle, V. A., 2021. Ethnobotany and agro-ecological significance of savanna pockets in southern Nigeria. *Journal of Applied Life Sciences International*, 26(2): 27-40. doi: 10.9734/jalsi/2021/v26i230236.
- Afuye, G.A., Kalumba, A.M., Orimoloye, I. R., 2021. Characterisation of vegetation response to climate change: A review. *Sustainability*, 13(13): 7265
- Anderson, J.R., 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. US Government Printing Office.
- Areola, A. A., Ikporukpo, C. O., 2020. Spatial analysis of urban spaces in an indigenous African city. *International Journal of Development Research*. 10(01): 33190-33203.

- Cao, J., Yeh, E. T., Holden, N. M., Qin, Y., Ren, Z., 2013. The roles of overgrazing, climate change and policy as drivers of degradation of China's grasslands. *Nomadic Peoples*, 17(2):82 – 101.
- Cao, L., Yang, P., Li, Y.Y., Li, Z.L., Fang, H., 2018. Combining multiple remote sensing datasets to assess the spatiotemporal dynamics of vegetation in the northwest of China. *Remote Sensing*, 10(2):196.
- Cao, L., Xu, M., Liu, Y., Yu, Z., Sun, L., Tian, X., Zhang, W., 2023. Response of soil nitrogen components and its vertical distribution to rainfall redistribution during Robinia pseudoacacia forest restoration on the Loess Plateau. *Ecological Indicators*, 155, 111036.
- Dash, P., Sanders, S.L., Parajuli, P., Quyang, Y., 2023. Improving the accuracy of land use land cover classification of landsat data in an agricultural watershed. *Remote Sensing*, 15 (16): 4020.
- FAO, 2020. The State of the World's Forests: Forests, biodiversity and people. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/state-of-forests/en/> Accessed: 13.03.2024.
- FORMECU, 1996. The World Resources Institute's Global Forest Watch: Programme and Projects: An Overview of Forestry Development. FORMECU, Yaoundé, Cameroon.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Helkowski, J. H., 2005. Global consequences of land use. *Science*, 309(5734): 570-574.
- Gómez-Brandón, M., Loes, M., Domínguez, J., 2018. Long-term impact of human land-Use on soil microbial communities in a Mediterranean area. *Science of the Total Environment*, 619-620: 103-112. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.174.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V. Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Townshend, J. R., 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160): 850-853.
- Hido, A., Tekla, A., Alemayehu, A., 2023. Analysis of charcoal producers perception of its production, forest degradation, and governance in Wolaita, Southern Ethiopia's Dry Afromontane Forests. *International Journal of Forestry Research*, 2023(1): 3352702.
- Hou, X., Niu, Z., Gao, S., Huang, N., 2013. Monitoring vegetation phenology in farming pastoral zone using SPOT-VGT NDVI data. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 29(1): 142-140.
- Lambin, E. F., Meyfroidt, P., 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(9): 3465-3472.
- Li, W., Ciais, P., MacBean, N., Peng, S., Defourny, P., Bontemps, S., 2016. Major forest changes and landcover transitions based on plant functional types derived from the ESA CCI Land Cover product. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 47, 30-39.
- Mather, P., Tso, B. 2010. *Classification Methods for Remotely Sensed Data*. (Ed: Second). CRC Press. Boca Raton.
- Milchunas, D. G., Lauenroth, W. K., 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs*, 63(4): 327-366.
- Naumann, G., Barbosa, P., Garrote, L., Iglesias, A., Vogt, J. V., Prompt, E., 2014. Global changes in drought conditions under different levels of warming. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(2): 219-232.
- Odekunle, J. F., Akindele, D. B., Adebayo, G. O., 2019. The problems and challenges of development control in Abeokuta-West zonal planning area, Ogun State, Nigeria. *African Journal of Economics and Sustainable Development*, 2(1): 9-27.
- Ogundele, F. T., Okeola, O. G., Ogunwale, A. B., Oladapo, A. A., 2016. Assessment of the dynamics of forest cover changes in Nigeria. *Journal of Environmental Science and Water Resources*, 5(6): 164-174.
- Ohwo, O., Abotutu, A., 2015. Environmental impact of urbanization in Nigeria. *British Journal of Applied Science and Technology*, 9(3): 212 – 221.
- Okorundu, J., Umar, N. A., Ulor, C. O., Onwuagba, C. G., Diagi, B. E., Ajiere, S. I., Nwaogu, C., 2022. Anthropogenic activities as primary drivers of environmental pollution and loss of biodiversity: A review.. *International Journal of Trend in Science, Resources and Development*, 6: 621-643.
- Ola, A.B., Adewale, Y.Y., Raheem, W. A., Afonja, A.A., 2020. Anthropogenic activities and their impacts on biodiversity survival in Ifelodun Area, Kwara State, Nigeria.
- Olayiwola, A. M., Lawal, M. O., 2018. Mapping urban growth and its impact on agricultural land in Abeokuta, Nigeria: 1966 – 2016. *Interdisciplinary Environmental Review*, 19(3-4): 289-305.
- Quaranta, G., Salvia, R., Salvati, L., Paola, V.D., Coluzzi, R., Imbrenda, V., Simoniello, T., 2020. Long-term impacts of grazing management on land degradation in a rural community of Southern Italy: Depopulation matters. *Land Degradation and Development*, 31(16): 2379 – 2394.
- Rawat, J. S., Kumar, M., 2015. Monitoring landuse/landcover change using remote sensing and GIS technique: a case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1): 77-84.
- Roby, C., 1991. An overview of deforestation in Nigeria. *Landscape and Urban Planning*, 20(4): 265-275.
- Rojas, O., Senay, G., Singh, R. K., Verdin, J. P., 2011. Developing an operational drought monitoring system for Somalia. *Journal of Arid Environments*, 75(12): 1266-1272.
- Seifollahi-Aghmiuni, S., Kalantari, Z., Egidi, G., Gaburova, L., Salvati, L., 2022. Urbanisation-driven land degradation and socioeconomic challenges in peri-urban areas: Insights from Southern Europe. *Ambio*, 51 (6): 1446 – 1458.
- Seto, K. C., Güneralp, B., Hutyra, L. R., 2012. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40): 16083-16088.
- Skakun, S., Lucanus, O., Fraser, R., 2016. Towards operational vegetation stress monitoring using Landsat surface reflectance data. *Remote Sensing of Environment*, 184: 557-575.
- Son, N. T., Chen, C. F., Chen, C. R., Chang, L. Y., 2012. Evaluating the MODIS LAI product using MODIS and Landsat data fusion. *International Journal of Remote Sensing*, 33(1): 67-89.
- Srivastava, P.K., Han, D., Rico-Ramirez, M.A., Bray, M., Islam, T., 2012. Selection of classification techniques for land use/land cover change investigation. *Advances in Space Research*, 50(9): 1250 – 1265.
- Twumasi, N. Y. D., Shao, Z., Altan, 2019. Mapping built-up areas using two band ratio on Landsat imagery of ACCRA in Ghana from 1980 to 2017. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(6).
- Xu, Y., Tang, O., Fan, J., Bennett, S. J., Li, Y. (2011). Assessing construction land potential and its spatial pattern in China. *Landscape and Urban Planning*, 103(2), 207-216.
- Yang, Y., Li, M., Feng, X., Yan, H., Su, M., Wu, M., 2021. Spatiotemporal variation of essential ecosystem services and trade-off/synergy along with rapid urbanization in the Lower Pearl River Basin, China. *Ecological Indicators*, 133: 108439.
- Ying, L., 2019. Traditional land use systems, agrobiodiversity conservation, and sustainable development in China's ecological fragile areas. *Journal of Cleaner Production*, 237: 117835. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.117835.
- Zhe, M., Zhang, X., 2021. Time-lag effects of NDVI responses to climate change in the Yamzhog Yumco Basin, South Tibet. *Ecological Indicators*, 124: 107431.

Climate-growth relationships and growth trends of *Cedrus libani*, *Pinus brutia*, and *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* in the Boz Mountains (Western Türkiye)

Aylin Güney^{a,*}, Tuğba Erkan^a, Raziye Oğlakcı^a, Eren Özer^a

Abstract: The ongoing climate change is increasingly affecting the growth conditions of forest trees. In the Mediterranean region, a reduction in precipitation and an increase in temperature are anticipated, which will have an adverse impact on tree growth. We used dendrochronology methods to analyze the impact of climate variables (air temperature, precipitation, relative humidity, and vapor pressure deficit) on stem growth of planted Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich) and natural occurring Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.) and Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) growing in the Boz Mountains, Western Türkiye. We further investigated their growth trends based on basal area increment to detect growth differences between these three ecologically and economically important forest tree species. Taurus cedar showed a positive growth trend indicating good tree vitality. Turkish pine and black pine showed neither a positive nor a negative growth trend over the past 25 years. Turkish pine exhibited the greatest year-to-year variability in tree ring width and basal area increment and was the most sensitive to climate, resulting in significant response function and correlation analysis results. Turkish pine growth was most limited by winter precipitation and current year's July precipitation. Radial growth in black pine was negatively correlated to high temperatures and dry conditions in current year May. Our results further showed, that Taurus cedar was the least sensitive to year-to-year climate variability.

Keywords: Anatolian black pine, Dendrochronology, Taurus cedar, Tree-ring, Turkish pine

Boz Dağlar'ında (Batı Türkiye) *Cedrus libani*, *Pinus brutia* ve *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*'nın iklim-büyüme ilişkileri ve büyüme eğilimleri

Öz: İklim değişikliği orman ağaçlarının büyüme koşullarını giderek daha fazla etkilemektedir. Akdeniz bölgesinde, yağışlarda bir azalma ve sıcaklıkta bir artış beklenmekte ve bu durum ağaç büyümesini olumsuz şekilde etkileyecektir. Bu çalışmanın amacı, Batı Türkiye'nin Boz Dağlarında bulunan ağaçlandırma sahasındaki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich) ile doğal yetişen kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Anadolu karaçamında (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) dendrokronolojik yöntemler kullanarak bazı iklim parametrelerinin (sıcaklık, yağış, bağıl nem ve buhar basıncı açığı) gövde büyümesi üzerindeki etkisini analiz etmektir. Ekolojik ve ekonomik açıdan önemli olan bu üç orman ağacı türü arasındaki büyüme farklılıklarını tespit edebilmek için göğüs yüzey alanı artışına dayalı büyüme eğilimlerine bakılmıştır. Toros sediri, iyi bir ağaç canlılığına işaret eden pozitif bir büyüme eğilimi göstermiştir. Kızılçam ve Anadolu karaçamında son 25 yılda ne pozitif ne de negatif bir büyüme eğilimine rastlanmamıştır. Kızılçam, yıllık halka genişliği ve göğüs yüzeyi alanı artışında yıldan yıla en büyük değişkenliği sergilemiş ve iklim koşullarına en yüksek duyarlılığı göstermiştir. Bundan dolayı bu çalışmada en anlamlı tepki fonksiyonu ve korelasyon analizi sonuçlarına kızılçamda rastlanmıştır. Kızılçamın büyümesini en çok kış yağışları ve halka oluşum yılının temmuz yağışları olumsuz yönde etkilemiştir. Anadolu karaçamında ise, halka oluşum yılının mayıs ayındaki yüksek sıcaklıklar ve kurak koşullar yıllık halka gelişimini olumsuz yönde etkilemiştir. Ek olarak, sonuçlarımız çalışma sahasındaki sedirlerin yıldan yıla değişen iklim özelliklerine karşı çok duyarlı olmadığını ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Anadolu karaçamı, Dendrokronoloji, Toros sediri, Yıllık halka, Kızılçam

1. Introduction

Ongoing global climate change affects tree growth in many regions, including Mediterranean forest ecosystems (Allen et al., 2010). Increasing temperatures and changes in precipitation patterns have a detrimental impact on tree vitality and growth (Vacek et al., 2023). However, species growing in the same region may have different growth responses to climatic conditions (Michelot et al., 2012). Information on tree growth responses to environmental factors can help to predict how ongoing climate change might

affect tree growth (Anderegg et al., 2015; Salomon et al., 2022).

One method for examining the influence of environmental factors on tree growth is the application of dendrochronological techniques, which deal with the dating and study of annual growth increments (i.e., tree rings) in woody shrubs and trees (Fritts, 1976; Coulthard and Smith, 2013). Tree-rings serve as key ecological indicators of environment and climate change, given that year-to-year fluctuations in environmental factors result in variations in tree-ring widths (Zhang, 2015). Several studies have been

* İzmir Kâtip Çelebi University, Faculty of Forestry, İzmir, Türkiye

* Corresponding author (İletişim yazarı): aylin.guney@ikcu.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 22.07.2024, Accepted (Kabul tarihi): 13.03.2025



Citation (Atıf): Güney, A., Erkan, T., Oğlakcı, R., Özer, E., 2025. Climate-growth relationships and growth trends of *Cedrus libani*, *Pinus brutia*, and *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* in the Boz Mountains (Western Türkiye). Turkish Journal of Forestry, 26(2): 137-147.

DOI: [10.18182/tjf.1508195](https://doi.org/10.18182/tjf.1508195)

conducted in Türkiye to investigate the influence of climate on tree growth (diameter growth) of different tree species (Akkemik, 2000; Kara, 2011; Touchan et al., 2014; Alkan and İrdem, 2023). In these dendroclimatological studies, precipitation and temperature conditions, which generally influence tree ring width, were analyzed. For Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) it was reported that drought was one of the main factors limiting annual ring development (Touchan et al., 2005; Akkemik et al., 2008; Köse et al., 2012). Doğan and Köse (2019) found that, in the mountainous regions of southwestern Türkiye, warmer temperatures and higher precipitation early in the growing season promote radial growth of Anatolian black pine. However, during the summer, increasing temperatures and drought limited growth with the drought effect being more pronounced in trees growing at lower elevation. Low precipitation was also found to be a major limiting factor for the growth of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich) at the northern border of its natural distribution (Akkemik, 2003). In the case of Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.), it was shown that annual diameter increment was generally positively influenced by months with high precipitation and negatively affected by high temperatures and low precipitation (Reis et al., 2018; Yurtseven, 2021). In addition to investigating tree growth responses to climatic variables, the analysis of growth trends provides a more comprehensive understanding of long-term changes in tree vitality and productivity (Dobbertin, 2005). Growth trends are based on basal area increment data calculated from tree-ring width series. For vital trees, growth trends are typically positive, provided that the trees have not entered senescence, and thus, these trends offer valuable insights into how tree species are adapting to changing environmental conditions over time (LeBlanc, 1990; Kaşpar et al., 2024).

Anatolian black pine, Taurus cedar (hereafter referred to as black pine and cedar, respectively), and Turkish pine are all ecologically and economically important forest species in Türkiye. Turkish pine is fast-growing and the primary tree species with the largest distribution area after oak, covering 5.2 million ha and about 23% of Türkiye's forests (General Directorate of Forestry, 2020). It is distributed between 0-1500 m altitude in the Mediterranean, Marmara and Black Sea regions of Türkiye where the Mediterranean climate is dominant (Yaltırık and Boydak, 2000). Third comes black pine with 4.2 million ha and 18% forest cover (General Directorate of Forestry, 2020). In Türkiye, black pine is found at altitudes ranging from 400 to 2100 m in all mountainous regions to the west of the Anatolian Diagonal (Akkemik, 2014). Cedar only covers approximately 1.8% of Türkiye's forests with 0.4 million ha (General Directorate of Forestry, 2020). It is typically found between 800 and 2100 m in the Taurus Mountains (Boydak and Çalıkoğlu, 2008). However, in Finike, it is observed at altitudes as low as 500 m, while in the Bolkar Mountains, it can reach elevations of up to 2400 m. Cedar is utilized in a multitude of forestation and afforestation initiatives within and beyond Türkiye (Boydak, 2007; Ducci et al., 2007). Furthermore, it is considered as a potential alternative conifer species for the establishment of climate-resistant viable forests in Central Europe (Messinger et al., 2015; Zsolnay et al., 2023).

All three conifer species are relatively drought-tolerant, yet little is known about the extent to which they might respond to increasing drought severity and frequency. Climate change scenarios predict that drought conditions in

the Aegean region of Türkiye will intensify in the coming years (General Directorate of Meteorology, 2014). Therefore, more studies are needed to better understand the relationship between climate and tree growth, as well as to assess growth trends under ongoing climate change, particularly in the Aegean region.

The Boz Mountains, situated in Western Türkiye, represent one of the Aegean Region's most notable locations for the presence of Turkish pine and black pine forests (Dönmez and Aydınözü, 2012). The local climate is characterized by a transition from Mediterranean to continental, with seasonal droughts that contributed to the formation of various vegetation types (Günel, 2013). In addition to seasonally dry coniferous forests, this area is home to a variety of other natural habitats, including maquis, deciduous forests, and mountain pastures (Günel, 1992; Hepcan et al., 2009). The area includes a natural park (Ovacık Natural Park), a wildlife development area, and a former research forest. Additionally, it includes a small stand of cedar trees that were planted around the mid-1970s. This region is outside of the natural distribution range of cedar, which allows for an investigation of the growth of cedar in comparison to natural occurring Turkish pine and black pine in the same area. A number of studies have analyzed the growth performance and climate-growth relationships of cedar, Turkish pine, and black pine (Akkemik, 2003; Ladjal et al., 2007; Messinger et al., 2015; Öner et al., 2015; Janssen et al., 2018). However, to the best of our knowledge, this study is the first to include a comparison of the growth responses of these three species growing in the same area and in the mid-elevation belt.

The main objective of this study was to determine the impact of inter-annual climate fluctuations on the annual growth increments of Taurus cedar, which is non-native to the Boz Mountains, and natural occurring Turkish pine and Anatolian black pine. The specific objectives were (1) to detect growth differences among the three species, (2) to investigate whether growth trends show a decline in response to ongoing climate change, and (3) to identify which climate variables (precipitation, temperature, relative humidity, vapor pressure deficit) most significantly affect radial growth.

2. Materials and methods

2.1. Site description

The sampling sites were situated in the northwestern parts of the Boz Mountains in Izmir, Western Türkiye (Figure 1). In this region, Turkish pine is the dominant forest species at the lower ranges of the mountains (derived from forest maps of the General Directorate of Forestry). At altitudes around 700 m black pine starts to become the dominant species and can be found at up to 1300 m (Günel, 2013). This area is characterized by a Mediterranean climate (Figure 2) with rainy winters and hot and dry summers (Malkoç and Nurlu, 2023). The first sampling site was situated at an altitude of 800 meters (38°20'57.96"N, 27°41'0.82"E) within a pure black pine stand. In very close proximity to the first sampling site, a cedar nursery was established around the mid-1970s (Figure 3). The terrain was relatively flat with an average slope of 9% and a north-west aspect. The second sampling site was located in a pure Turkish pine stand at an altitude of 500 m (38°24'10.18"N, 27°39'47.29"E) with a north-west

aspect and an average slope of 27%. At both sampling sites the understory was minimal with a sparse herb layer at most (Figure 3). The distance between the two sampling sites was approximately 6 km. Site codes were created for each species based on the research area and species name. The codes consisted of an abbreviation for the research area (BM for Boz Mountains) followed by the species abbreviation: *Cedrus libani* (CL), *Pinus brutia* (PB), and *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (PN).

2.2. Sample collection and tree-ring width analysis

Tree coring was performed on 13 cedar, 16 Turkish pine, and 14 black pine trees of similar age (Table 1) using a HAGLÖF increment borer that is 5.15 mm in diameter. All trees appeared healthy and had no visible signs of any damage. Diameter at breast height (DBH) and tree height was measured using a caliper (HAGLÖF). Tree height was similar for the measured individuals and ranged between 19 and 21 meters. For each tree, two increment cores were collected at breast height (1.3 m above the ground) from opposite sides of the stem. Cores were stored in paper straws which allows the cores to air dry (Hood et al., 2020). After the cores were left to dry for a week, they were mounted on wooden holders with the transverse plane facing up. They were then sanded using progressively finer grits (120, 220, 320, and 400) until a smooth and flat surface was created and tree rings became clearly distinguishable. A flatbed scanner with an optical resolution of 1200 DPI was utilized to produce high-quality images of the cores. A precision ruler was scanned alongside the tree cores as a scale reference. The images were calibrated to ensure accurate scale and tree ring widths (TRW) were measured using the image processing software ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA). This method allows for precise measurements with an accuracy of at least 0.01 mm, which is the standard in dendrochronological studies (Touchan et al., 2005; Galván et al., 2012). Tree ring widths were measured from bark to pith. Since we sampled living trees, crossdating was performed using the method proposed by Yamaguchi (1991) by

comparing the narrowest rings in the ring series. The quality of crossdating and measurement accuracy of tree-ring series was assessed using the COFECHA software (Holmes, 1983; Grissino-Mayer, 2001). We used a 20-year segment length with a 10-year lag for all three species (Foster et al., 2015). Some tree-ring series that could not be crossdated and showed weak correlation with the other series of the species were removed from the analysis. The remaining series correspond to the number of tree cores shown in Table 1.

Each crossdated tree-ring series was detrended using the Dendrochronology Program Library in R (*dplR*) version 1.7.7 developed by Bunn (2008) for the R freeware program (R Core Team, 2024; <http://cran.r-project.org/>). We used the interactive detrending function, which enables the user to select the detrending curve that best fits each time series (Bunn and Korpela, 2020). All tree-ring series were detrended with a cubic smoothing spline, which allows for greater flexibility in the removal of non-climatic variance (Cook and Peters, 1981) and which results in dimensionless growth indices fluctuating around 1. The selected length of the smoothing spline was 15 years for all species, with the objective of maximizing climate correlations (Foster et al., 2015). First-order auto-correlation (Ar_1) and mean sensitivity (MS) were calculated on individual detrended series and averaged to determine the influence of the previous year's growth on the current year's growth and the year-to-year variability, respectively. A standard chronology was built for each species from the detrended series using Tukey's biweight robust mean (Bunn and Korpela, 2020). For each standard chronology, we calculated the mean inter-series correlation (R_{bar} , the average pairwise correlation between series), the overall inter-series correlation (the correlation between a series and the master chronology), and the expressed population signal (EPS, a statistic to determine whether a chronology correctly represents the population signal of a data set) (Bunn, 2008). Correlation between the three index-chronologies was evaluated by calculating Pearson's product moment correlation coefficients (r) and evaluating its corresponding t-values (Baillie and Pilcher, 1973).

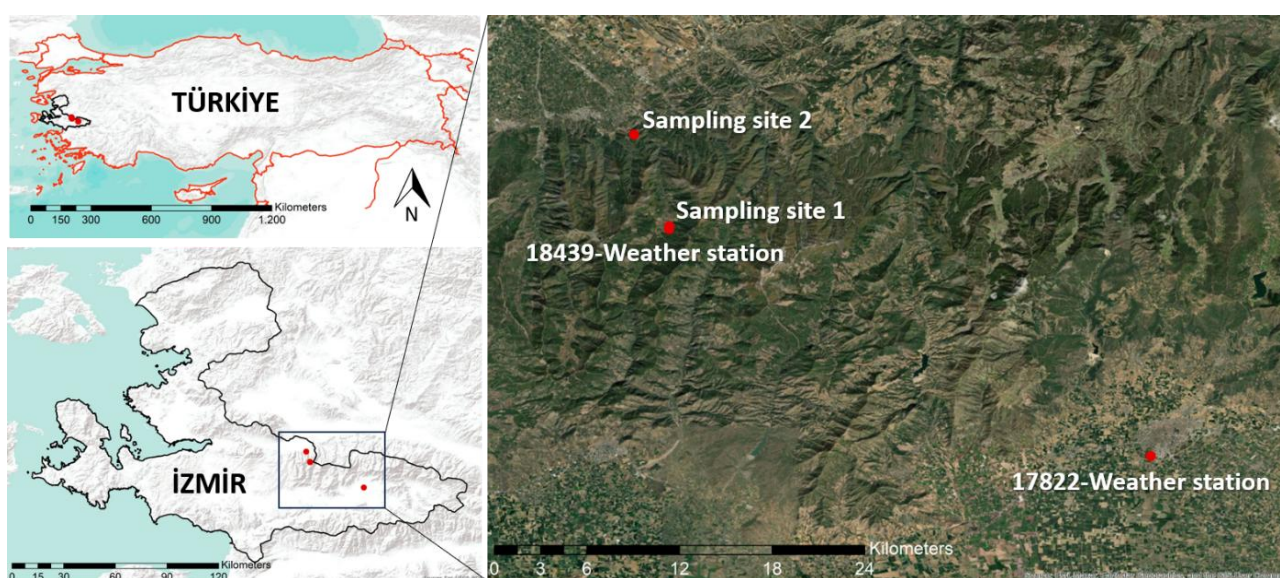


Figure 1. Location of sampling sites and weather stations in Izmir Province, Western Türkiye. Sampling site 1 includes BMCL (*Cedrus libani*) and BMPN (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*); Sampling site 2 corresponds to BMPB (*Pinus brutia*). Climate data were obtained from the Ovacık weather station (ID: 18439) in the Boz Mountains and the weather station in Ödemiş (ID: 17822)

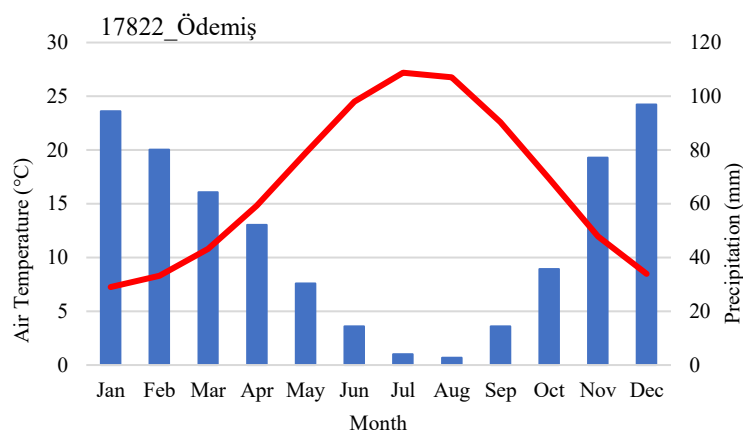


Figure 2. Climate diagram of mean monthly precipitation (blue bars) and temperature (red line) for the Ödemiş weather station (17822) for the period 1970–2023. Climate data were obtained from the Turkish State Meteorological Service

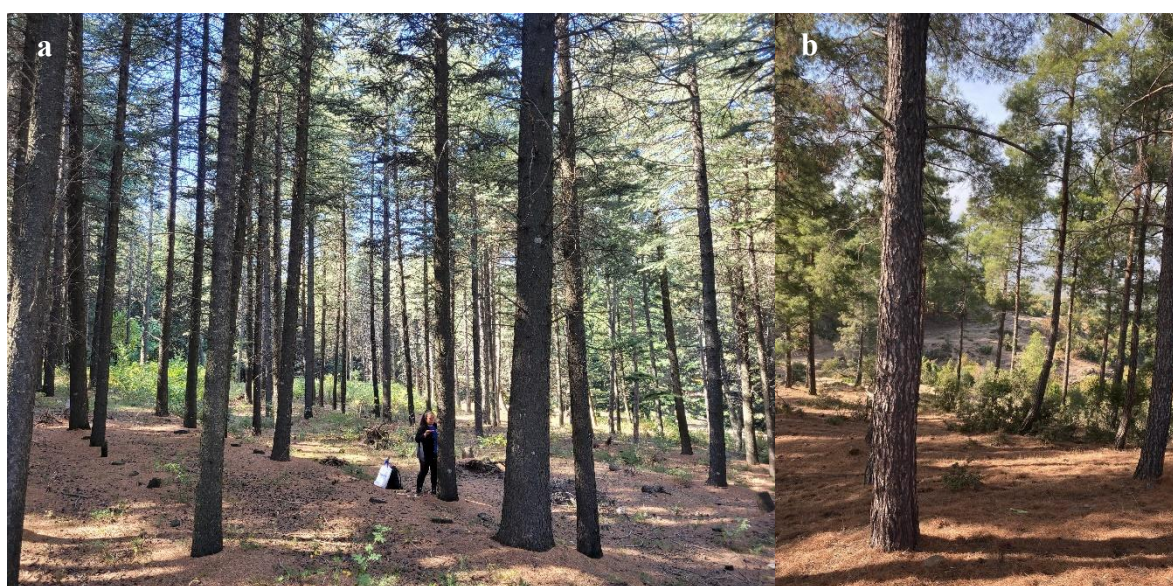


Figure 3. Cedar (a) and Turkish pine (b) sampling sites situated in the northwestern parts of the Boz Mountains in Izmir, Western Türkiye

To study the long-term growth trends of the species, basal area increment (BAI) was calculated from TRW measurements according to the formula:

$$BAI = \pi(R_n^2 - R_{n-1}^2) \quad (1)$$

Where R_n is the radius increment in the year n and R_{n-1} is the radius increment in the previous year. BAI is more closely related to biomass increment than TRW (Schuster and Oberhuber, 2013) and in contrast to TRW series, age-related trends in BAI are typically positive and do not exhibit a decline until trees begin to senesce (LeBlanc, 1990). A one-way ANOVA and Tukey's post-hoc test ($\alpha = 0.05$) were used to test for differences in mean DBH, age at DBH, and radial growth (TRW, BAI) between species.

2.3. Climate-growth analysis

Climate data were obtained from the Turkish State Meteorological Service for the Ödemiş (38°12'56.51"N, 27°57'51.10"E; 111 m, station ID 17822) and Ovacık (38°20'52.08"N, 27°41'0.96"E; 800 m, station ID 18439)

weather stations. The Ödemiş station (Figure 1) is the closest to the sampling sites with a longer record that goes back to 1945. The Ovacık weather station, which is situated within the study area very close to sampling site 1, started recording in 2014. This would have been a too short period for our analysis. We therefore calculated mean monthly precipitation and temperature for the 1970–2023 period using data from the Ödemiş station since this was the time span, we used for our analysis (Figure 2). The mean annual precipitation and temperature for Ödemiş were calculated as 564 mm and 16.6°C, respectively. We also calculated annual means for the period 2014–2022 for both weather stations, to see how they differ. With a mean annual precipitation and temperature of 989 mm and 13.0°C, respectively, Ovacık is more humid and cooler than Ödemiş (mean annual precipitation: 535 mm; mean annual temperature: 17.5°C) for the same period.

For the climate-growth analysis, we used monthly mean, maximum and minimum air temperature, precipitation sum, mean relative humidity (RH) and mean vapor pressure deficit (VPD). VPD was calculated using the Tetens method (Alizadeh et al., 2021). High VPD increases water loss from soils and has direct impact on plant physiology thus

contributing to drought events and plant water stress (Dai, 2013). To assess the influence of specific climate variables on radial stem growth, climate-growth analysis was performed using the package *treeclim* version 2.0.6 in R (Zang and Biondi, 2015). Bootstrapped Pearson's correlation coefficients were computed between tree-ring index chronologies of each species and monthly values of each of the climate variables (Biondi and Waikul, 2004). We further assessed the relationships between index chronologies and the climate variables mean temperature and precipitation using response function analysis (Dağdeviren et al., 2004; Gauli et al., 2022). Analysis included monthly data from July of the previous year to October of the current year, because the previous year's growing season may have an impact on the current year's growth (Fritts, 1976).

3. Results

Cedar showed a different pattern of radial growth (TRW) and BAI compared to Turkish pine and black pine, especially when considering the last 25 years (Figure 4). In contrast, radial growth and BAI followed a similar pattern for Turkish pine and black pine, although Turkish pine showed a pronounced increase in BAI during the years 1998 and 2002. A positive (increasing) growth trend was observed for cedar,

while the annual BAI remained at a similar level (a neither positive nor negative/decreasing growth trend) for both pine species (Figure 4b). Mean TRW and BAI did not show significant differences among the studied species (Table 1). DBH and age at DBH were significantly higher in Turkish pine and lowest in cedar.

Among the species studied, radial growth was most influenced by the previous year's growth in black pine ($Ar1=0.778$), followed by cedar and Turkish pine (Table 2). The low mean sensitivity in cedar indicates that this species is not very sensitive to climate variability at the sampling site. In contrast, both pine species showed intermediate sensitivity to climate variability. The standard chronologies for the Boz Mountains cedar, Turkish pine, and black pine are shown in Figure 5. With an $Rbar$ of 0.466 and an overall inter-series correlation of 0.599 Turkish pine showed the best agreement across growth indices, indicating that trees within this species share a common growth signal (Table 2). The lowest $Rbar$ (0.230) and overall inter-series correlation (0.414) was calculated for cedar. For all chronologies, the EPS was above the critical value of 0.85 (Wigley et al., 1984). The correlation between the cedar and Turkish pine index chronologies was low ($r=0.298$, t -value = 2.03, p -value= 0.049) and not significant between the other chronologies ($p > 0.9$).

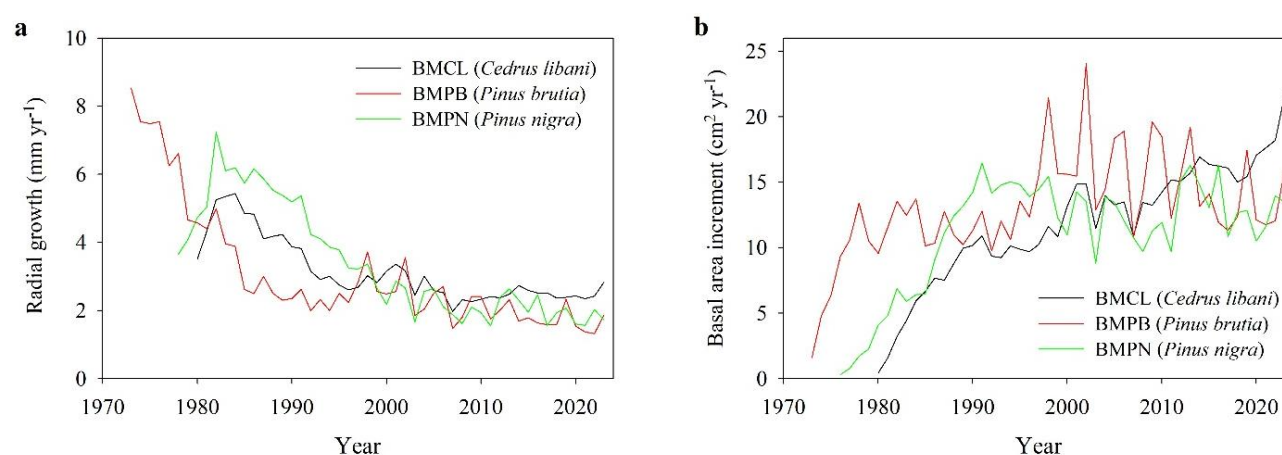


Figure 4. (a) Mean radial growth (tree ring width) and (b) mean basal area increment (BAI) of Taurus cedar (*Cedrus libani*), Turkish pine (*Pinus brutia*), and Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) growing in the Boz Mountains (Western Türkiye)

Table 1. Mean and standard deviation (sd) of diameter at breast height (DBH), estimated age at DBH, tree ring width (TRW), and basal area increment (BAI) of Taurus cedar (*Cedrus libani*), Turkish pine (*Pinus brutia*), and Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*)

Site code	Species	Number of trees/cores	DBH (cm)	Age at DBH	TRW (mm yr ⁻¹)	BAI (cm ² yr ⁻¹)*
BMCL	<i>Cedrus libani</i>	13/22	30.2 ± 3.8a	43 ± 1a	3.04 ± 0.4a	12.85 ± 2.5a (n=11)
BMPB	<i>Pinus brutia</i>	16/29	36.2 ± 6.4b	49 ± 3b	2.81 ± 0.6a	13.42 ± 5.5a (n=9)
BMPN	<i>Pinus nigra</i>	14/23	33.5 ± 5.6ab	45 ± 9ab	2.91 ± 0.5a	12.36 ± 2.6a (n=11)

*Average was calculated from cores that included the most inner tree-ring. Different letters after mean and sd values denote significant differences ($p < 0.05$).

Estimations of bootstrapped Pearson's correlation functions between tree-ring index chronologies and specific monthly climate variables revealed that there are species-specific differences in the influence of these variables on tree growth (Table 3). For cedar, meaningful and significant correlations were identified only for maximum and minimum temperature. Specifically, minimum temperature during December and April were positively correlated with growth, whereas maximum temperature in May was negatively correlated with growth. A significant correlation was observed between all climate variables and radial growth in the case of Turkish pine. During certain months of the spring and summer seasons, mean and maximum temperatures, as well as VPD, were negatively correlated with growth of Turkish pine, whereas precipitation and RH showed a positive correlation. The strongest positive correlation was detected between growth and precipitation in December (of

the previous year). The strongest negative correlation was detected between growth and maximum temperature in September (of the current year). In black pine, radial growth was negatively correlated with mean temperature and VPD in May and positively correlated with precipitation in January (Table 3). Same as for the other studied species, growth showed a positive correlation with minimum temperature in December.

The response function analysis yielded no statistically significant results for cedar (Figure 6). Similar to the correlation analysis, precipitation in October of the current year was negatively correlated with black pine growth. The response function analysis for Turkish pine yielded in the most significant results, indicating that precipitation variability in December of the previous year and July of the current year exerts a significant controlling influence on Turkish pine growth.

Table 2. Descriptive statistics of the standard chronologies

Site code	Species	Ar1	MS	Rbar	Overall inter-series correlation	EPS
BMCL	<i>Cedrus libani</i>	0.701	0.166	0.230	0.414	0.868
BMPB	<i>Pinus brutia</i>	0.671	0.280	0.466	0.559	0.962
BMPN	<i>Pinus nigra</i>	0.778	0.246	0.368	0.510	0.928

Ar1 = mean first-order autocorrelation; MS= Mean sensitivity; Rbar = mean inter-series correlation, EPS = expressed population signal.

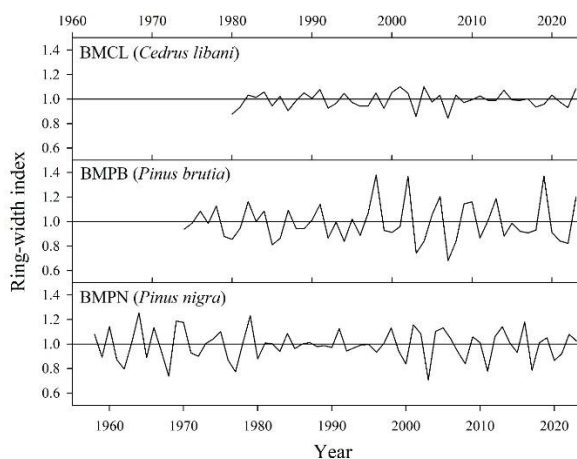


Figure 5. Tree-ring index chronologies of Taurus cedar (*Cedrus libani*), Turkish pine (*Pinus brutia*), and Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) growing in the Boz Mountains (Western Türkiye)

Table 3. Bootstrapped Pearson's correlation coefficients (R) for climate-growth-correlations between monthly climate variables and ring-width index chronologies of Taurus cedar (*Cedrus libani*), Turkish pine (*Pinus brutia*), and Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*)

Climate variable	<i>Cedrus libani</i> (BMCL)		<i>Pinus brutia</i> (BMPB)		<i>Pinus nigra</i> (BMPN)	
	Month	R	Month	R	Month	R
Mean temperature (°C)			APR	-0.313	MAY	-0.304
			MAY	-0.338		
			JUL	-0.330		
Maximum temperature (°C)	FEB	0.290	JUL	-0.208	APR	0.329
	MAY	-0.307	SEP	-0.426		
Minimum temperature (°C)	dec	0.330	dec	0.289	dec	0.207
	APR	0.366				
Precipitation (mm)	sep	-0.311	dec	0.521	JAN	0.262
			APR	0.287	OCT	-0.380
			JUL	0.370		
			SEP	0.330		
Relative humidity (%)			APR	0.367	MAY	0.272
			MAY	0.339		
Vapor pressure deficit (kPa)			APR	-0.311	MAY	-0.300
			MAY	-0.346		
			JUL	-0.322		

All correlations are significant at the $p < 0.05$ level. Months of the preceding and current year are written in lower case letters and capital letters, respectively.

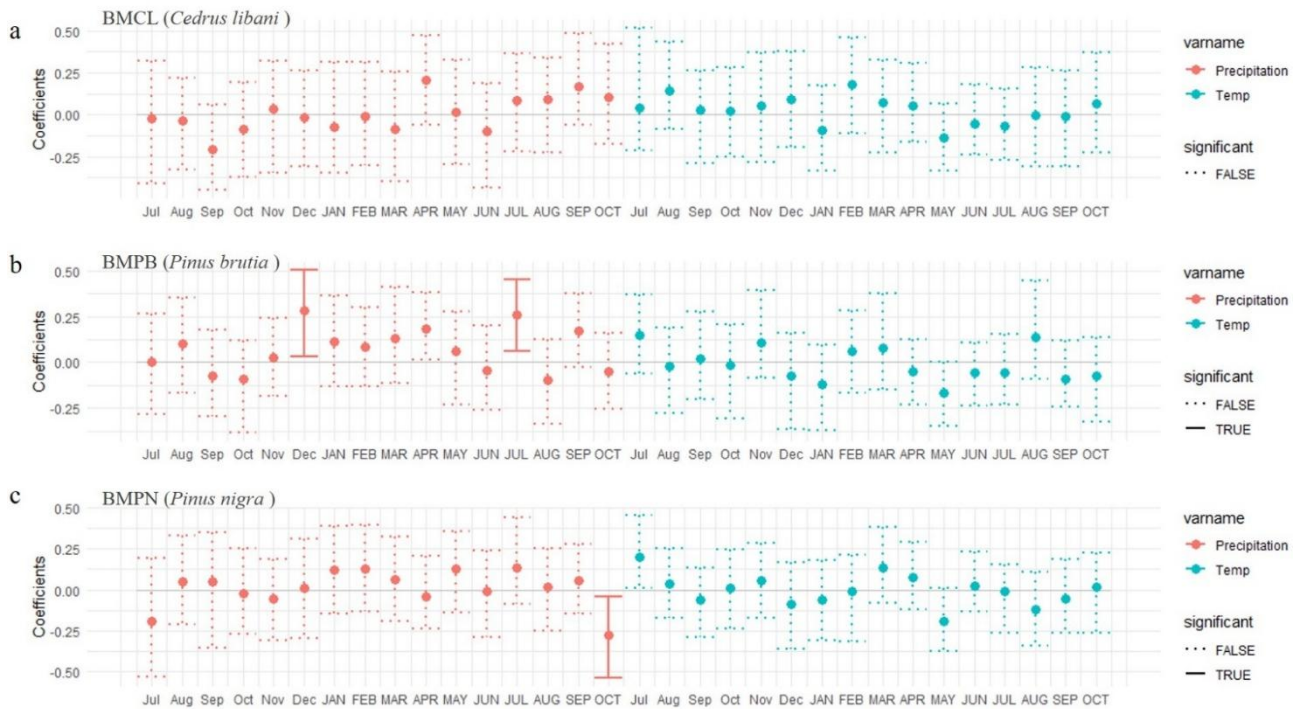


Figure 6. Response coefficients for monthly precipitation (red) and mean monthly temperature (blue) from the previous July to the current October for tree-ring chronologies of (a) Taurus cedar (*Cedrus libani*), (b) Turkish pine (*Pinus brutia*), and (c) Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) growing in the Boz Mountains (Western Türkiye). The preceding year is indicated by lowercase letters, while the current year is indicated by uppercase letters.

4. Discussion

Although growing in the same area, the investigated species exhibited contrasting growth trends. Cedar was the only species that showed a clear positive growth trend over the past 25 years. Both Turkish pine and black pine showed a constant (neither positive nor negative) growth trend. These species-specific differences of trees growing in the same region can be attributed to various factors, often rooted in the species' physiology and growth strategies (e.g., Castagneri et al., 2013; Gribbe et al., 2024; Kašpar et al., 2024). One potential important physiological factor that can lead to a constant or negative growth trend, even under favorable growth conditions, is tree age. Age-related trends in BAI often show a decline when trees enter senescence (LeBlanc, 1990). Cedar and black pine are long-lived species with lifespans exceeding 700 and 1000 years, respectively (Boydak and Çalıkoğlu, 2008; Sevgi et al., 2022). Therefore, we conclude that the black pines in our study can be considered relatively young and the observed constant growth trends are more likely to be influenced by environmental factors rather than age-related decline. In contrast, Turkish pine is considered a relatively short-lived species with an average lifespan between 120 and 150 years (Nahal, 1983). However, other studies have reported lifespans ranging from 150 to 300 years (Griggs et al., 2014), 250 to 305 years (Boydak, 2004) and sometimes exceeding 400 years (Touchan et al., 2005; Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, 2019). Nevertheless, although this species can potentially live for more than 250 years, it has been demonstrated that its annual growth (in m³/ha) peaks around the age of 40-60 years, after which it begins to decline (de Miguel Magaña, 2014; Kahrman et al.,

2023). Therefore, the constant growth trend observed in Turkish pine could at least partially, be attributed to age-related decline in growth capacity. Following this, we argue that the observed constant growth trends in both Turkish pine and black pine may be caused by the increase in temperatures and drought negatively affecting radial growth which is supported by the findings of other studies. Janssen et al. (2018) investigated recent growth trends of black pine growing in the Lake District in Southwest Türkiye which is close to the species' southern distribution limit. They found that after the 1970s, growth significantly decreased which was strongly correlated with increased temperatures and summer drought. Numerous other studies have indicated that black pine is a drought-sensitive species that is negatively affected by climate change (Martín-Benito et al., 2008; Köse et al., 2012; Sánchez-Salguero et al., 2013; Klisz et al., 2023). Should temperatures and drought further increase in the study region as expected, black pine vitality might decline and growth trends may shift toward negative. Turkish pine, on the other, is a relatively fast-growing conifer that is considered to be among the more drought-tolerant species (Boydak, 2004; Veuillen et al., 2023). It is less sensitive to drought than black pine (Deligöz and Cankara, 2020; Mazza et al., 2021), but less tolerant of cold temperatures (Semerci et al., 2021). Given its greater drought tolerance, a positive growth trend might have been expected which further supports our assumptions that the constant growth trend in Turkish pine was in part attributed to tree age.

Consequently, growth trends can be regarded as indicators of tree vitality and forest productivity (Dobbertin, 2005; Sökücü and Güney, 2021). Negative growth trends are usually indicative of declining tree vitality which can be attributed to a multitude of biotic (e.g., mistletoe infestation;

Noetzli et al. (2003) and abiotic (e.g., drought; Diers et al., 2023) factors. The observed positive growth trend in the investigated cedars indicates that, at this time, these trees are vital, productive, and not negatively affected by the recent increase in temperatures or other potential environmental disturbances or stress factors. As cedar is known to be drought tolerant with the capacity for fast recovery from climatic extremes, this finding was not unexpected (Güney et al., 2020; Zsolnay et al., 2023). Additionally, a number of studies have documented that cedar shows good growth performance and adaptation in various afforestation projects and plantations outside its natural range (Boydak, 2003; Boydak, 2007; Messinger et al., 2015; Zsolnay et al., 2023). However, it is currently unclear whether the positive growth trend of cedar in the Boz Mountains will persist in the future, given the projected increase in the frequency and severity of drought events associated with climate change (IPCC, 2021).

Other reasons for the differences in growth trends in the species investigated might be potential differences between the sampling sites that we were not able to investigate (e.g. differences in soil properties, water availability). Management practices can also significantly affect growth (trends) as can be seen from the pronounced increase in BAI during the years 1998 and 2002 in Turkish pine. This growth release was probably caused by thinning (Schuster and Oberhuber, 2013).

Our analyses revealed that Turkish pine exhibited the highest year-to-year variation in both BAI and TRW, making it the most sensitive species to climate variation in this study. This could again be attributed to differences in slope and soil conditions between sampling sites (Doğan and Köse, 2015) which could alter water availability, as well as to differences in the physiological responses of the investigated species (Griggs et al., 2014; Deligöz and Cankara, 2020). This climate sensitivity of Turkish pine was also reflected in the significant results obtained from the correlation and response function analyses. A positive response was found to winter precipitation and to current year July precipitation. Further, radial growth of Turkish pine was limited by high temperatures and dry conditions during the summer months and September. These findings suggest that winter precipitation plays a pivotal role in maintaining soil water reserves during the growing season (Rozas et al., 2011). Water availability is crucial for the process of tree ring formation. In many species of the Mediterranean, dry conditions and high temperatures during summer can result in the early cessation of cambial activity and the formation of new xylem cells (Camarero et al., 2010; Vieira et al., 2017). Unless favorable conditions return during early autumn (e.g., autumn precipitation) cambial activity does not resume and the early cessation of wood formation can result in the formation of narrow tree rings. The number of studies investigating the climate-growth relationship in Turkish pine is relatively limited. Griggs et al. (2014) also found precipitation to be the most important factor favoring growth, although Turkish pine growing in Cyprus was mainly influenced by previous year September precipitation and current year May precipitation. According to the literature, only two studies have investigated the impact of climate variability on Turkish pine growth in the Izmir region (Doğan, 2020; Yurtseven, 2021). In line with our results, Turkish pine growth showed a significant negative correlation with maximum July temperature and a significant positive correlation with precipitation during several months.

Besides Turkish pine, Yurtseven (2021) also analyzed the climate-growth of black pine, both species situated in the upper elevation range of the Yamanlar Mountain. The location and characteristics of the sampling sites and the older age of the trees (>160 years) might be some of the reasons why black pine resulted in more significant results in the study of Yurtseven (2021) than in our study. In his study, black pine growth was favored by warm conditions during February and March and high precipitation during spring, while according to our results, winter precipitation and cool and moist conditions during May favored black pine growth the most. These differences in the growth responses between months could also be attributed to the fact that our study trees were located at lower elevations, where temperatures in May are generally higher than at higher elevations, which may influence the sensitivity of trees to climatic variables during the growing season (Fritts, 1976; Doğan and Köse, 2015).

In our study, cedar was the least sensitive to climate variation, resulting in no significant findings in the response function analysis. Cedar is a preferred species in dendrochronological studies due to its longevity and high sensitivity to climate variability (Akkemik, 2003; Touchan et al., 2005). In purely dendrochronological studies that focus on climate-growth relations, sample trees are usually selected from sites where growth is most limited by environmental parameters to get a good climatic response (Fritts, 1976). These would be for example trees that grow at their distributional limit, or at hillslopes with restricted water supply. Our cedars were located in the mid-elevation belt, the terrain was relatively even, and environmental conditions were not as harsh as for example at the treeline or higher elevations. Also, given its deep taproot, cedar's water supply may not have been significantly restricted even during the dry months (Boydak, 2003; Güney et al., 2020). However, this study was not focused on dendrochronology for climate reconstruction purposes. Rather, our goal was to compare the growth performance of non-native cedar with that of Turkish pine and black pine in that area, and to identify the climatic parameters most influencing their growth. Still, our results from correlation analysis indicate that, in general, warmer winter and early spring temperatures promote growth, but high temperatures in May limit radial growth of cedar. Although temperature is an important driver of tree growth (Huang et al., 2020) many studies clearly show that precipitation is the primary limiting factor in regions such as the Mediterranean (Akkemik, 2006; Sarris et al., 2007; DeSoto et al., 2014). For instance, Touchan et al., (2014) investigated the influence of climate on the growth of several tree species (including those in our study) based on a large dataset covering the Eastern Mediterranean and Near East. They were able to show that the most important factor affecting growth in that region is May and June precipitation. This indicates that if spring and early summer droughts continue to intensify due to ongoing climate change, tree growth in the Aegean Region could be severely impacted with potential long-term consequences for forest health and productivity.

5. Conclusions

Taurus cedar showed the best growth performance and was the least sensitive to climate variability among the studied species. This suggests that these cedars are vital and are currently growing in conditions that are still favorable for

their growth. The positive growth trend also indicates resilience to the ongoing increases in temperature, highlighting the potential of Taurus cedar for successful forestation outside its natural range. This has significant implications for forest management, both within and outside Türkiye. Native Anatolian black pine showed lower growth performance with a constant growth trend over the past years probably caused by the increased temperatures at its lower distribution range. Turkish pine showed a similar growth performance as Anatolian black pine which might be partly age-related. On the other hand, Turkish pine was the most sensitive to variation in climate. This allowed to show a more distinct and measurable relationship between climate variables and tree growth. In line with other studies, the combination of high temperatures and low precipitation during July of the current year had the most limiting effect on Turkish pine growth. Our findings suggest that if temperatures and drought continue to increase in the study area, as expected under climate change, black pine growth and vitality may be the first to decline, making it more susceptible to other stressors (e.g. bark beetles) and raising the need for adaptive forest management strategies. Our results may serve as a first step towards a more comprehensive study to investigate the vitality and growth performance of ecologically and economically important forest species under climate change in Türkiye.

Acknowledgements

Eren ÖZER received funding from the 2209-A-Research Project Support Programme for Undergraduate Students (Project number: 1919B012318955) of the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK). We would like to thank Mustafa BATUR, Niyazi ÖZÇANKAYA and Burak BAHAR for their assistance in the field.

References

- Akkemik, Ü., 2000. Tree-ring chronology of *Abies cilicica* Carr. in the Western Mediterranean region of Turkey and its response to climate. *Dendrochronologia*, 18: 73-81.
- Akkemik, Ü., 2003. Tree rings of *Cedrus libani* at the northern boundary of its natural distribution. *IAWA Journal*, 24(1): 63-73.
- Akkemik, Ü., 2006. Tree-ring data in last 300 years of Turkey: Signatures of drought-record over the years. *Science Echoes*, 3: 34-40.
- Akkemik, Ü., 2014. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Akkemik, Ü., D'Arrigo, R., Cherubini, P., Köse, N., Jacoby, G.C., 2008. Tree-ring reconstructions of precipitation and streamflow for north-western Turkey. *International Journal of Climatology*, 28(2): 173-183.
- Alizadeh, A., Toudeshki, A., Ehsani, R., Migliaccio, K., Wang, D. J. S. A. T., 2021. Detecting tree water stress using a trunk relative water content measurement sensor. *Smart Agricultural Technology*, 1:100003.
- Alkan, I., Irdem, C., 2023. The effect of climate on tree-ring of Fir, Spruce and Scotch pine in Karçal Mountains. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 24(1): 206-217.
- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M.,...Cobb, N., 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 660-684.
- Anderegg W.R.L., Schwalm, C., Biondi, F., Camarero, J.J., Koch, G., Litvak, M., Ogle, K., Shaw, J.D., Shevliakova, E., Williams A.P., Wolf, A., Ziaco, E., Pacala, S., 2015. Pervasive drought legacies in forest ecosystems and their implications for carbon cycle models. *Science*, 349(6247): 528-532.
- Baillie, M.G.L., Pilcher, J.R., 1973. A simple cross-dating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin*, 33: 7-14.
- Biondi, F., Waikul, K., 2004. DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences*, 30(3): 303-311.
- Boydak, M., 2003. Regeneration of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) on karstic lands in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 178(3): 231-243.
- Boydak, M., 2004. Silvicultural characteristics and natural regeneration of *Pinus brutia* Ten. a review. *Plant Ecology*, 171(1): 153-163.
- Boydak, M., 2007. Reforestation of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) in bare karstic lands by broadcast seeding in Turkey. *Options méditerranéennes, Series A: Mediterranean Seminars* 75: 33-42.
- Boydak, M., Çalıkoglu, M., 2008. Biology and Silviculture of Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A.Rich.). Ormançılığı Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayını, Lazer Ofset Matbaası, Ankara.
- Bunn, A., Korpela, M., 2020. An introduction to dplR. *Processed with dplR*, 1(2): 1-16.
- Bunn, A.G., 2008. A dendrochronology program library in R (dplR). *Dendrochronologia*, 26(2): 115-124.
- Camarero, J.J., Olano, J.M. and Parras, A., 2010. Plastic bimodal xylogenesis in conifers from continental Mediterranean climates. *New Phytologist*, 185(2): 471-80.
- Castagneri, D., Storaunet, K.O., Rolstad, J., 2013. Age and growth patterns of old Norway spruce trees in Trillemarka forest, Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28(3): 232-240.
- Cook, E.R., Peters, K., 1981. The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. *Tree-Ring Bulletin*, (41): 45-53.
- Coulthard, L., Smith, D.J., 2013. Dendrochronology. In: *Encyclopedia of Quaternary Science*, Volume 1 (Ed: Scott, A.E.), Elsevier, Amsterdam, pp. 453-458.
- Dağdeviren, N., Akkemik, Ü., Dalfes, N., 2004. Dendroklimatolojik analizlerde tepki fonksiyonunun kullanımı. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 54(2):61-82.
- Dai, A., 2013. Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change*, 3(1): 52-58.
- de Miguel Magaña, S., 2014. Growth and yield modelling for optimal multi-objective forest management of eastern Mediterranean *Pinus brutia*. PhD Dissertation, University of Eastern Finland, Finland.
- Deligöz, A., Cankara, F.G., 2020. Differences in physiological and biochemical responses to summer drought of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and *Pinus brutia* in a natural mixed stand. *Journal of Forestry Research*, 31(5): 1479-1487.
- DeSoto, L., Varino, F., Andrade, J. P., Gouveia, C. M., Campelo, F., Trigo, R. M., Nabais, C., 2014. Different growth sensitivity to climate of the conifer *Juniperus thurifera* on both sides of the Mediterranean Sea. *International Journal of Biometeorology*, 58(10): 2095-109.
- Diers, M., Weigel, R., Leuschner, C., 2023. Both climate sensitivity and growth trend of European beech decrease in the North German Lowlands, while Scots pine still thrives, despite growing sensitivity. *Trees*, 37(2): 523-543.
- Dobbertin, M., 2005. Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review. *European Journal of Forest Research*, 124(4): 319-333.
- Doğan, M., Köse, N., 2015. Sandıras Dağı'ndaki (Muğla) yaşlı karaçam ormanlarından dört yeni yıllık halka kronolojisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 65(2): 1-16.

- Doğan, M., Köse, N., 2019. Influence of climate on radial growth of black pine on the mountain regions of southwestern Turkey. *Plants*, 8(276):1-15.
- Doğan, M., 2020. Bornova Ovası ve Çevresinde İklim Değişikliğinin Ağaç Gelişimine Etkisi. Kriter Yayınevi, İstanbul.
- Dönmez, Y., Aydınözü, D., 2012. Bitki özellikleri açısından Türkiye. *Coğrafya Dergisi*, 1(24): 1-17.
- Ducci, F., Fusaro, E., Lucci, S., Ricciotti, L., 2007. Strategies for finalizing conifers experimental tests to the production of improved reproductive materials, Proceedings of the Inter. Workshop MEDPINE3 "Conservation, Regeneration and restoration of Mediterranean Pines and their Ecosystems", (Valenzano-BA, 2005) Options médit., Serie A, pp. 99-104.
- Foster, T.E., Schmalzer, P.A., Fox, G.A., 2015. Seasonal climate and its differential impact on growth of co-occurring species. *European Journal of Forest Research*, 134: 497-510.
- Fritts, H., 1976. Tree rings and climate. Academic Press, London.
- Galván, J., Camarero, J.J., Sangüesa-Barreda, G., Alla, A.Q., Gutierrez, E., 2012. Sapwood area drives growth in mountain conifer forests. *Journal of Ecology*, 100(5):1233-1244.
- Gauli, A., Neupane, P.R., Mundhenk, P., Köhl, M., 2022. Effect of climate change on the growth of tree species: dendroclimatological analysis. *Forests*, 13(4): 496.
- General Directorate of Forestry, 2020. Türkiye orman varlığı (Forest Asset of Türkiye). Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz-sitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020%20Türkiye%20Orman%20Varligi.pdf>, Accessed: 18.06.2024.
- General Directorate of Meteorology, 2014. Türkiye kuraklık değerlendirme raporu (Turkey Drought Assessment Report). Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/2014/Türkiye-Kuraklik-Degerlendirmesi-2014.pdf>, Accessed: 10.05.2024.
- Gribbe, S., Enderle, L., Weigel, R., Hertel, D., Leuschner, C., Muffler, L., 2024. Recent growth decline and shifts in climatic growth constraints suggest climate vulnerability of beech, Douglas fir, pine and oak in Northern Germany. *Forest Ecology and Management*, 566(122022): 1-14.
- Griggs, C., Pearson, C., Manning, S.W., Lorentzen, B., 2014. A 250-year annual precipitation reconstruction and drought assessment for Cyprus from *Pinus brutia* Ten. tree-rings. *International Journal of Climatology*, 34(8): 2702-2714.
- Grissino-Mayer, H.D., 2001. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research*, 57(2): 205-221.
- Günel, N., 1992. Bozdağlar' da Maki Formasyonunun Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi, No: 8, İstanbul.
- Günel, N., 2013. Türkiye'de iklimin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkileri. *Acta Turcica*, 1(5): 1-22.
- Güney, A., Zweifel, R., Türkan, S., Zimmermann, R., Wachendorf, M., Güney, C.O., 2020. Drought responses and their effects on radial stem growth of two co-occurring conifer species in the Mediterranean mountain range. *Annals of Forest Science*, 77(4):1-16.
- Hepcan, Ş., Hepcan, Ç.C., Bouwma, I.M., Jongman, R.H.G., Özkan, M.B., 2009. Ecological networks as a new approach for nature conservation in Turkey: A case study of İzmir Province. *Landscape and Urban Planning*, 90(3-4): 143-154.
- Holmes, R.L., 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin*, 43:69-78.
- Hood, S.M., Reed, C.C., Kane, J.M.J.M., 2020. Axial resin duct quantification in tree rings: A functional defense trait. *MethodsX*, 7: 101035.
- Huang, J.G., Ma, Q., Rossi, S., Biondi, F., Deslauriers, A., Fonti, P., ... Ziacco, E., 2020. Photoperiod and temperature as dominant environmental drivers triggering secondary growth resumption in Northern Hemisphere conifers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(34): 20645-20652.
- IPCC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Janssen, E., Kint, V., Bontemps, J.D., Özkan, K., Mert, A., Köse, N., Icel, B., Muys, B., 2018. Recent growth trends of black pine (*Pinus nigra* JF Arnold) in the eastern mediterranean. *Forest Ecology and Management*, 412: 21-28.
- Kahriman, A., Şahin, A., Sönmez, T., Yavuz, M., 2023. Growth models for natural stands of Calabrian pine in the central Mediterranean region of Türkiye. *Şumarski List*, 147(3-4): 107-120.
- Kara, S., 2011. Dendrokronolojik analizler ile sıcaklık yağış koşullarının ilişkisinin değerlendirilmesi: Uludağ'ın güneyinden iki örnek alan. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kaşpar, J., Tumajer, J., Altman, J., Altmanova, N., Čada, V., Čihák, T., Doležal, J., Fibich, P., Janda, P., Kaczka, R., 2024. Major tree species of Central European forests differ in their proportion of positive, negative, and nonstationary growth trends. *Global Change Biology*, 30(1): e17146.
- Klisz, M., Puchalka, R., Jakubowski, M., Koprowski, M., Netsvetov, M., Prokopuk, Y., Jevšenak, J., 2023. Local site conditions reduce interspecific differences in climate sensitivity between native and non-native pines. *Agricultural and Forest Meteorology*, 341: 109694.
- Köse, N., Akkemik, Ü., Dalfes, H.N., Özeren, M.S., Tolunay, D., 2012. Tree-ring growth of *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* under different climate conditions throughout western Anatolia. *Dendrochronologia*, 30(4): 295-301.
- Ladjal, M., Deloche, N., Huc, R., Ducrey, M., 2007. Effects of soil and air drought on growth, plant water status and leaf gas exchange in three Mediterranean cedar species: *Cedrus atlantica*, *C. brevifolia* and *C. libani*. *Trees*, 21(2): 201-213.
- LeBlanc, D.C., 1990. Relationships between breast-height and whole-stem growth indices for red spruce on Whiteface Mountain, New York. *Canadian Journal of Forest Research*, 20(9): 1399-1407.
- Malkoç, E., Nurlu, E., 2023. Monitoring three decades of forest cover change using Landsat imagery in Bozdağlar region, Turkey. *Current Research in Agriculture, Forestry and Aquaculture* (Eds: Doğanlar, O., Çeritoğlu, F.), Gece Publishing, Ankara, pp. 39-53.
- Martín-Benito, D., Cherubini, P., Del Río, M., Cañellas, I., 2008. Growth response to climate and drought in *Pinus nigra* Arn. trees of different crown classes. *Trees*, 22: 363-373.
- Mazza, G., Markou, L., Sarris, D., 2021. Species-specific growth dynamics and vulnerability to drought at the single tree level in a Mediterranean reforestation. *Trees*, 35(5): 1697-1710.
- Messinger, J., Güney, A., Zimmermann, R., Ganser, B., Bachmann, M., Remmele, S., Aas, G., Messinger, J., 2015. *Cedrus libani*: A promising tree species for Central European forestry facing climate change? *European Journal of Forest Research*, 134(6): 1005-1017.
- Michelot, A., Simard, S., Rathgeber, C., Dufrene, E., Damesin, C., 2012. Comparing the intra-annual wood formation of three European species (*Fagus sylvatica*, *Quercus petraea* and *Pinus sylvestris*) as related to leaf phenology and non-structural carbohydrate dynamics. *Tree physiology*, 32(8): 1033-45.
- Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, 2019. Anıt ağaçlar. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ankara, <https://www.anitagaclar.gov.tr/detail/kizilcam-pinus-brutia/287>, Accessed: 27.06.2024.
- Nahal, I., 1983. Le Pin brutia (*Pinus brutia* Ten. subsp. *brutia*). Ière partie. *Forêt Méditerranéenne*, (2): 165-172.
- Noetzi, K.P., Müller, B., Sieber, T.N., 2003. Impact of population dynamics of white mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*) on European silver fir (*Abies alba*). *Annals of Forest Science*, 60(8): 773-779.

- Öner, N., Kondur, Y., Simsek, Z., Aslan, S., 2015. Evaluation of survival ratios and growth of the common plantation species (Black pine and Taurus cedar) on arid and semiarid sites in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(9a): 2906-2915.
- R Core Team, 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>, Accessed: 15.05.2024.
- Reis, M., Dutal, H., Abız, B., Tat, S., 2018. Impacts of climate change on annual diameter increment of natural Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) forests in Kahramanmaraş. *Turkish Journal of Forestry*, 19(3): 219-225.
- Rozas, V., Pérez-de-Lis, G., García-González, I., Arévalo, J.R., 2011. Contrasting effects of wildfire and climate on radial growth of *Pinus canariensis* on windward and leeward slopes on Tenerife, Canary Islands. *Trees*, 25(5): 895-905.
- Salomon, R. L., Peters, R. L., Zweifel, R., Sass-Klaassen, U.G.W., Stegehuis, A.I., Smiljanic, M.,...Steppe, K., 2022. The 2018 European heatwave led to stem dehydration but not to consistent growth reductions in forests. *Nature Communications*, 13(1): 28.
- Sánchez-Salguero, R., Camarero, J.J., Dobbertin, M., Fernández-Cancio, A., Vilà-Cabrera, A., Manzanedo, R.D., Zavala, M.A., Navarro-Cerrillo, R.M., 2013. Contrasting vulnerability and resilience to drought-induced decline of densely planted vs. natural rear-edge *Pinus nigra* forests. *Forest Ecology and Management*, 310: 956-967.
- Sarris, D., Christodoulakis, D., Körner, C., 2007. Recent decline in precipitation and tree growth in the eastern Mediterranean. *Global Change Biology*, 13(6): 1187-1200.
- Schuster, R., Oberhuber, W., 2013. Age-dependent climate-growth relationships and regeneration of *Picea abies* in a drought-prone mixed-coniferous forest in the Alps. *Canadian Journal of Forest Research*, 43(7): 609-618.
- Semerci, A., İmal, B., Gonzalez-Benecke, C., 2021. Intraspecific variability in cold tolerance in *Pinus brutia* sampled from two contrasting provenance trials. *New Forests*, 52: 621-637.
- Sevgi, O., Tecimen, B., Okan, T., 2022. Karaçam. TOD Yayın No: E/22/62, Ankara.
- Sökücü, A., Güney, A., 2021. Vitality versus cambium, xylem, and phloem characteristics in *Cedrus libani*. *Iawa Journal*, 2(42): 143-157.
- Touchan, R., Xoplaki, E., Funkhouser, G., Luterbacher, J., Hughes, M. K., Erkan, N., Akkemik, Ü., Stephan, J., 2005. Reconstructions of spring/summer precipitation for the Eastern Mediterranean from tree-ring widths and its connection to large-scale atmospheric circulation. *Climate Dynamics*, 25(1): 75-98.
- Touchan, R., Anchukaitis, K.J., Shishov, V.V., Sivrikaya, F., Attieh, J., Ketmen, M., Stephan, J., Mitsopoulos, I., Christou, A., Meko, D.M., 2014. Spatial patterns of eastern Mediterranean climate influence on tree growth. *The Holocene*, 24(4): 381-392.
- Vacek, Z., Vacek, S., Cukor, J., 2023. European forests under global climate change: Review of tree growth processes, crises and management strategies. *Journal of Environmental Management*, 332: 117353.
- Veuillen, L., Prévosto, B., Zeoli, L., Pichot, C., Cailleret, M., 2023. *Pinus halepensis* and *P. brutia* provenances present similar resilience to drought despite contrasting survival, growth, cold tolerance and stem quality: Insights from a 45 year-old common garden experiment. *Forest Ecology and Management*, 544: 121146.
- Vieira, J., Nabais, C., Rossi, S., Carvalho, A., Freitas, H., Campelo, F., 2017. Rain exclusion affects cambial activity in adult maritime pines. *Agricultural and Forest Meteorology*, 237: 303-310.
- Wigley, T.M., Briffa, K.R., Jones, P.D., 1984. On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 23(2): 201-213.
- Yaltırık, F., Boydak, M., 2000. A new variety of Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) from Anatolia (Anadolu'da Saptanan Yeni Bir Kızılçam Varyetesi). *The Karaca Arboretum Magazine*, 5 (4): 173-180.
- Yamaguchi, D.K., 1991. A simple method for cross-dating increment cores from living trees. *Canadian Journal of Forest Research*, 21(3): 414-416.
- Yurtseven, N., 2021. Yamanlar Dağı'nda (İzmir) dendrokronolojik araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Zang, C., Biondi, F., 2015. Treeclim: An R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships. *Ecography*, 38(4): 431-436.
- Zhang, Z., 2015. Tree-rings, a key ecological indicator of environment and climate change. *Ecological indicators*, 51: 107-116.
- Zsolnay, N., Walentowitz, A., Aas, G., 2023. Impact of climatic conditions on radial growth of non-native *Cedrus libani* compared to native conifers in Central Europe. *Plos One*, 18(5): e0275317.

What do forest firefighters think about organization and infrastructure problems in combating large forest fires?

İsmail Şafak^a , Devrim Karademir^{b,*} 

Abstract: The occurrence of large forest fires (LFFs) arises from the interaction of various factors, notably including climate change, meteorological conditions, fuel accumulation, and deficiencies in organization and infrastructure. In Türkiye, many LFFs occurred in Antalya and Muğla Regional Directorates of Forestry in 2021. This study aims to evaluate whether problems arising from organization and infrastructure had an impact on the growth of LFFs. A total of 621 forest fire workers, drivers, and operators (FWDs), actively involved in combating the LFFs, responded to survey questions using a nine-point Likert-type scale. Statistical differences in responses were analysed using the Mann-Whitney U test. The study's results indicate that problems stemming from personnel employment, the amount of construction equipment, the quantity of aircraft, fire suppression infrastructure, communication and coordination, and occupational health and safety have a moderate impact on the growth of forest fires. Since long-term and uninterrupted work causes inefficiency in LFFs, 52% of FWDs consider a working duration of 1-3 days adequate for LFFs. A statistical difference between the evaluations of two groups for 13 different factors presented in the study was found only in terms of the lack of personnel in the fire trucks and ground teams. In the fight against forest fires, the strength of land crews and the infrastructure support—such as water resources and forest roads—are just as important and effective as the use of technological tools like aircraft, fire trucks, and construction machinery.

Keywords: Climate change, Fire suppression, Forest fire organization, Megafire, Perception

Orman yangın işçileri, büyük orman yangınlarıyla mücadelede örgütlenme ve altyapı sorunları hakkında ne düşünüyor?

Öz: İklim değişikliği, meteorolojik koşullar, yakıt birikimi, organizasyon ve altyapı eksiklikleri gibi faktörler, büyük orman yangınlarının oluşumunu etkilemektedir. Türkiye'de 2021 yılında Antalya ve Muğla Orman Bölge Müdürlüklerinde çok sayıda büyük orman yangınlarını meydana gelmiştir. Bu çalışmada, büyük orman yangınlarının büyümesinde organizasyon ve altyapıdan kaynaklanan sorunların etkili olup olmadığını değerlendirmek amaçlanmıştır. Büyük orman yangınlarıyla mücadelede aktif olarak görev almış toplam 621 orman yangını işçisi, şoförü ve operatörü, dokuz noktalı Likert tipi bir cevaplama ölçeği kullanılarak anket sorularını yanıtlamıştır. Orman yangın işçileri ile şoför ve operatörlerin yanıtları arasındaki istatistiksel farklılıklar, Mann-Whitney U testi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçları, personel istihdamı, iş makinası sayısı, hava araçlarının sayısı, yangın söndürme altyapısı, iletişim ve koordinasyon ile iş sağlığı ve güvenliğinden kaynaklanan sorunların büyük orman yangınları üzerinde orta düzeyde bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Uzun süreli ve kesintisiz çalışma, verimsizliğe neden olduğundan, işçi, şoför ve operatörlerin %52'si 1-3 günlük çalışma süresinin büyük orman yangınlarında yeterli olduğunu düşünmektedir. Çalışmada sunulan 13 farklı faktör için iki grubun değerlendirmeleri arasında sadece arazöz ve yer ekiplerindeki personel eksikliği açısından istatistiksel fark bulunmuştur. Orman yangınlarıyla mücadelede, hava araçları, arazöz, iş makinesi gibi teknolojik araçların kullanımı kadar yer ekiplerinin gücü ve altyapı olanakları (su kaynakları, orman yolları vb.) da önemli ve etkilidir.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, Yangın söndürme, Orman yangını organizasyonu, Mega yangın, Algi

1. Introduction

Approximately 4% of global vegetation is exposed to forest fires every year (FAO, 2022). In recent years, both the number of fires and the amount of area burned have increased significantly around the world. Areas with a Mediterranean climate are especially prone to fire, owing to the arid and temperate conditions, combustible vegetation, and increased human activities (Dimitrakopoulos et al., 2011). As such, all Mediterranean countries are faced with the problem of forest

fires (Iliadis et al., 2002). Evolutionary and paleoecological studies show that fires are natural in the Mediterranean Basin (Pausas et al., 2008). However, Ganteaume et al. (2013) reported that almost all fires are human-caused and in the European Mediterranean region, most of them are caused deliberately. This trend has begun to change showing an increase of the fires due to negligence with the current land use-land cover change. Therefore, the traditional rural socio-economic systems that once characterized the Mediterranean region collapsed in the last few decades, resulting in a rural

^a General Directorate of Forestry, Aegean Forest Research Institute, 35515, Zeytinlanı, Urla-İzmir, Türkiye

^b Ordu University, Vocational School of Social Sciences, 52200, Ordu, Türkiye

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): devrimkarademir@odu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 21.03.2025, **Accepted** (Kabul tarihi): 05.06.2025



Citation (Atıf): Şafak, İ., Karademir, D., 2025. What do forest firefighters think about organization and infrastructure problems in combating large forest fires?. Turkish Journal of Forestry, 26(2): 148-156. DOI: [10.18182/tjf.1662491](https://doi.org/10.18182/tjf.1662491)

exodus in the northern part of the Mediterranean basin, and an overexploitation of natural resources in the eastern regions. In parallel, huge, rapidly occurring land-use changes have taken place, including urbanization of coastal areas with the development of tourism and the construction of infrastructures, which have created conflicts and additional driving factors of forest fires. The significant increase in the number of fires and the amount of burned areas in the 20th century caused the public to perceive fires as disasters negatively. Although the forest ecosystems of the Mediterranean Basin, including Türkiye, have the characteristics to cope with fire, these ecosystems have become highly sensitive to fire on account of both the increase in the number of fires and the destruction that they cause. Forest fires reduce the benefits produced by forest ecosystems and disrupt activities for society (Varela et al., 2014; Lecina-Diaz et al., 2021).

The vast majority of forest fires are easily controlled and very few areas are burned in these fires. As a matter of fact, according to FAO (2022) data, approximately 90% of forest fires in the world each year are easily controlled and the amount of area burned in these fires constitutes approximately 10% of the total annual amount of burned area. This data shows that current planning, management, and technologies work very well for easily contained fires (FAO, 2022). However, the situation is altogether different with large forest fires (LFFs), where their suppression abilities are insufficient (Tedim et al., 2018). Increasingly, LFFs in many parts of the world account for a disproportionately high percentage of the total amount of area burned (Attiwill and Binkley, 2013; Fernandes et al., 2016a; Fernandes et al., 2016b). In LFFs, which are a growing concern globally, ecosystems and habitats are transformed, human losses are experienced, and significant economic, social, and ecological damage occurs (Gill and Allan, 2008; Adams, 2013; San-Miguel-Ayanz et al., 2013; Fernandes et al., 2016b; Tedim et al., 2018).

There is no single, coherent, quantitative definition of LFFs that focuses principally on the size of the fire (Buckland, 2016; Tedim et al., 2018). To date, no widely accepted size threshold has been established for LFFs; only some values have been proposed (Tedim et al., 2018). For example, threshold values for LFFs in Europe are greater than 100 hectares (ha) according to some sources, while others are greater than 1,000 ha (Küçükosmanoğlu, 1986; Bilgili et al., 2010; Tedim et al., 2018). The threshold value in Canada and Russia is at least 200 ha (Gill and Allan, 2008), in Greece, it is at least 1,000 ha (Dimitrakopoulos et al., 2011), and in the US it is at least 40,000 ha (Pyne, 2007).

LFFs may result from a combination of factors, such as (i) the constant presence of forest fuel accumulation over a large area, (ii) the merging of two or more fires, (iii) the rapid rates of spread with the help of weather, fuel, and topography, (iv) a fire taking a long time to spread, (v) a failure in the initial suppression operations, and (vi) the difficulty of reaching the fire (Gill and Allan 2008; Fernandes et al., 2016b). If more than one LFF takes place in a region at once, firefighting resources may be strained, and additional resource support (personnel, equipment, vehicles, and aircraft) may be needed from other districts (Stavros et al., 2014; Tedim et al., 2020). In 2021, the numerous LFFs taking place simultaneously in Türkiye are an example of this situation. Owing to the inability of teams to respond to the LFFs that occurred in multiple areas at once, aircraft, water

tankers, helicopter, hand crew, ground teams, and construction equipment were supplemented from other regions of Türkiye (GDF, 2021).

There is no universally accepted method of forest firefighting, as countries or regions differ in the level, composition, and organization of firefighting resources. Basic tools for combating fires include the combination, number, and strength of ground teams (professional, seasonal, and volunteer firefighters, fire truck and other vehicle capacities, adoption of new technologies, etc.), and the type and capacity of air resources (airplanes, amphibious water bombers, helicopters, etc.) (Tedim et al., 2020). In LFFs, the use of hand tools is limited, and construction machinery such as dozers is needed to build roads and firebreaks. In forests with low road density and high altitudes, the effectiveness of ground crews decreases (Bassi and Kettunen, 2008). For this reason, the construction of roads and water resources in combating forest fires is considered among the most important infrastructure activities (Tadesse and Seboko, 2013).

As the fireline intensity builds, the amount of water used to control the flames increases (Tedim et al., 2018). In this context, access to water resources has gained importance in forest firefighting. In Türkiye, 4,580 pools and ponds with a capacity of 700–2,000 tons have been established roughly every 4 km to shorten the water supply time of fire trucks and aircraft (Avcı and Korkmaz, 2021; GDF, 2022).

The length of the forest road network planned in Türkiye is 380,466 km and only 292,530 km (76.9%) of these roads could be built until 2022. A further 87,936 km (23.1%) of forest roads still need to be constructed (GDF, 2022). Until 1985, forest firefighting activities were carried out by land crews. After 1985, however, with the increase in road density, construction equipment began to be used, such as forest fire water trucks and dozers. Aircraft (helicopters and airplanes) have been used for forest firefighting since 1987 (Sayın et al., 2014). Within the scope of land crews in Türkiye, 2270 first responder vehicles, 1078 fire trucks, 281 water tankers, 182 dozers, 135 excavators, 258 graders, 128 trailers, 22 mobile repair vehicles, 569 motorcycles, and 4162 tractor-connectable water tankers are still being used in forest firefighting. There are 11453 workers in the forest fire organization. Of these workers, 1123 are involved in surveillance, 1034 are involved in communications, and 9296 are involved in response activities (GDF, 2021).

An efficient, high-quality communication network ensures good communication and coordination between fire prevention and suppression actors. If these activities are well organized, the first response time to fires can be reduced (Tadesse and Seboko, 2013). Communication during forest fires is generally conducted by radio. In Türkiye, there are 20,168 radios used as central, watchtower, vehicle, and handheld radios to fight forest fires (GDF, 2022).

Cooperation among countries and regions regarding firefighting, education, and information exchange is on the rise in LFFs (FAO, 2007). For example, many countries (Austria, Azerbaijan, Belarus, France, Georgia, Croatia, Iran, Spain, Israel, Kazakhstan, Moldova, Poland, Russia, Ukraine, and the US) provided aircraft support (15 airplanes and 21 helicopters) to Türkiye to suppress LFFs in 2021. Thus, in the fight against LFFs, a total of 88 aircraft were used, together with the 49 helicopters and three airplanes available in Türkiye (GDF, 2021).

Firefighting is a demanding, stressful, and dangerous operation (Tadesse and Seboko, 2013). As such, an accurate understanding of the fundamental dynamics of forest fires is vital to ensuring the efficiency of future fire management, and in minimizing adverse effects on communities (McCaffrey et al., 2013). On account of the complex interactions between ignition, fuel, weather, topography, and suppression efforts, it is crucial to characterize LFFs and understand the role of precursor factors (Fernandes et al., 2016a).

In recent years, the literature on forest fires has focused primarily on explaining forest fire parameters (Kalabokidis et al., 2002; Grünig et al., 2022), modeling hazards and risks (Withen, 2007; Lein and Stump, 2009; Güney et al. 2016; Urbietta et al., 2019), fire behavior (Bilgili, 2003; Vakalis et al., 2004), forest fire suppression planning (Tsakalidis and Gitas, 2007), and in-service training of forest firefighters (Şafak et al., 2023). In addition, specific issues have also been studied, such as the weather and fuel conditions accompanying LFFs (Bilgili et al., 2010; Liu et al., 2013; Fernandes et al., 2016a), the characteristics and dimensions of LFFs (Dimitrakopoulos et al., 2011; Buckland, 2016; Tedim et al., 2018), the effect of climate change on vegetation, biomass, water flow, the amount of area burned, and fire frequency (Mouillot et al., 2002; Juang et al., 2022; Oncel Cekim et al., 2021), the relationship between fire season and fire severity (Parks and Abatzoglou, 2020), people's sensitivity to changes in forest fire prevention and their social preferences (Varela et al., 2014), and bureaucratic inefficiency in forest firefighting activities (Purnomo et al., 2021). In 2023, a detailed book has been published on forest fires in Türkiye, examining them in terms of ecological, biological, socio-economic, fire prevention, extinguishing, post-fire production-marketing and restoration (Kavgacı and Başaran, 2023).

As shown in the literature presented above, research on forest fires has mostly focused on issues such as danger, risk, behavior, and climate impact in the technical and physical dimensions of forest fires. However, the problems arising from a lack of organization and infrastructure are also highly important parameters in the formation, exacerbation, and management of LFFs. It has been observed that these parameters are not sufficiently examined in the existing literature. As McCaffrey et al. (2013) have stated, although forest fires are a biophysical process, fire management is a social process. For this reason, the thoughts, perceptions, and attitudes that personnel involved in suppressing forest fires have toward forest firefighting activities should also be taken into account (Şafak et al., 2023; Leone et al., 2023). According to Leone et al. (2023), the perceptions of firefighters participating in frontline activities seem to be an understudied subject overall. Because perceptions can be used to better understand the dynamics and behaviors of events and enhance control measures, the fact that this high-risk group has been studied so little compared to other groups is an important knowledge gap.

Dimitrakopoulos et al. (2011) found no specific factor that consistently differentiates large fires from smaller ones, supporting the hypothesis that any fire can grow under certain conditions. Various elements, such as the effectiveness of initial response planning, decision-making at dispatch centers, on-site coordination, and the training and motivation of personnel, play a crucial role in determining the efficiency of fire suppression efforts (Tedim et al., 2020). In Türkiye, forest fire suppression decisions are made by forest engineers

serving as fire supervisors. However, Forest Workforces (FWDs) are directly or indirectly impacted by these decisions and management practices, either positively or negatively.

The experience of FWDs in fighting LFFs is an area that has been little researched. This study has been evaluated the impact of deficiencies in forest fire organization, infrastructure, and other related factors on the spread of large forest fires in Türkiye, based on the perspectives of FWDs. The FWDs who took part in combating the LFFs in 2021 have been analysed to determine the amount of personnel in different units, the situation of vehicles (construction machinery, helicopters, and aircraft), the firefighting infrastructure (the state of forest water resources and forest roads), the lack of communication and coordination, and the current situation in occupational health and safety. In light of this data, it was examined whether the problems arising from the lack of organization and infrastructure in Türkiye were instrumental in the growth of forest fires in 2021.

2. Materials and methods

2.1. Study area

Türkiye's forest assets are 23.36 million ha. Forests cover 29.9% of the country's surface area (GDF, 2024). Of these forests, 57% (12.49 million ha) are highly sensitive to fire (GDF, 2018; GDF, 2021). In Türkiye, 254 forest fires greater than 300 ha broke out between 1977 and 2021, and 345,772 ha of forest area was damaged in these fires. In examining the decade of fire data in Türkiye from 2012–2021, it was found that 27,150 fires broke out, the size of the area burned was 226,846 ha, and the area size per fire was 8.35 ha (GDF, 2021).

In 2021, the first of the 15 LFFs in Türkiye started in Manavgat, Antalya, on July 28, and the last was extinguished in Köyceğiz, Muğla, on August 12. Two FWDs were killed in these fires. Extensive agricultural and forest areas were damaged, many people were evacuated from hundreds of villages and towns by land and sea, and many buildings and animals were damaged. During this period, the Mediterranean region was especially affected by the dry weather, with 139,503 ha of forest area being damaged in the big fires. The most forest area burned occurred in Antalya (60,358 ha) and Muğla (43,100 ha) Regional Directorates of Forestry (RDFs) (GDF, 2021).

The study area (Antalya and Muğla RDFs, where LFFs broke out in 2021) is located in the Mediterranean region of Türkiye. The forest area (2.34 million ha) of these RDFs constitutes 10% of Türkiye's forest area (GDF, 2024). Most of the vegetation consists of red pine, sclerophyllous forests and maquis. In Antalya and Muğla RDFs, where the Mediterranean climate predominates, summers are hot and dry, and winters are warm and rainy (Bilgili et al., 2010). In Antalya and Muğla, the annual average temperature is 18.9 °C and 18.5 °C, respectively, average annual precipitation is 1039.8 mm and 861.9 mm, and the maximum temperature is 45 °C and 44.6 °C (TSMS, 2025).

2.2. Material

Most of the material for this study was obtained from the survey conducted in 2021 with FWDs who took part in combating the LFF in the Antalya and Muğla provinces in Türkiye. The survey form consisted of two parts and 19

questions. The first part included personal information, and the second part involved an evaluation of the LFFs. FWDs evaluated these fires in terms of the problems they experienced, such as the number of personnel (fire truck and ground crews), vehicle status (construction machinery, helicopter, and airplane), fire suppression infrastructure (state of forest water resources and forest roads), and lack of communication and coordination. In addition, occupational health was evaluated in terms of safety and working time. The study was approved by the Social and Human Sciences Research Ethics Committee of the Istanbul University-Cerrahpaşa, Türkiye with the decision dated 20/10/2022 and numbered 2022/242.

2.3. Method

The hypothesis developed for the study was defined as follows:

H₀: There is no significant difference between fire workers and drivers in their views on problems and deficiencies related to LFFs.

The number of FWDs to be interviewed in the study was calculated using the following formula (Equation 1), (Daşdemir, 2021):

$$n \geq \frac{N \cdot p \cdot q \cdot Z^2}{[N \cdot d^2 + p \cdot q \cdot Z^2]} \quad (1)$$

where n is the sample size; N is the size of the population (N=9296 FWDs); p is the probability of being in the main population with a probability of 50% of the staff involved in the fight against LFFs in Antalya and Muğla in 2021 (p=0.5). q is the probability that will not be in the main population with a probability of 50% of the staff involved in the fight against LFFs in Antalya and Muğla in 2021 (q=0.5). Z is the confidence coefficient (1.96 at 95% confidence level); d is the accepted sampling error (0,05). The n value was calculated as 369. A survey was conducted with 621 workers who took part in combating the LFFs that occurred in Antalya and Muğla in Türkiye in 2021. 368 of these personnel were fire workers, and 253 were drivers (first response vehicle drivers, fire truck drivers, water tanker drivers) and operators (dozers, diggers, excavators, graders, lorries, trailers). Altogether, these personnel work in 67 Forest Enterprise Directorates.

The FWDs answered the questions following a nine-point Likert-type scale. On this scale, 1 signified very strongly disagree, 3 signified very little agreement, 5 signified moderately agree, 7 signified strongly agree, and 9 signified very strongly agree. Points 2, 4, 6, and 8 were intermediate values across the range of agreement and disagreement.

First, the data was analyzed for normality with the Kolmogorov-Smirnov test, but the data did not show a normal distribution. In the second stage, the Mann-Whitney U test was used. The Mann-Whitney U test is used to test whether rank is different between two independent nonparametric groups (Kalaycı, 2016). In this study, the Mann-Whitney U test was used to examine whether there is a statistical difference between the perspectives and perceptions of FWDs who participated in the LFFs that took place in Antalya and Muğla in 2021 on some issues. In this context, between these two groups, forest fire organization, infrastructure, number of personnel, condition of vehicles, etc. differences or similarities in the subjects were examined

with the Mann-Whitney U test. These statistical analyses were made using SPSS.

3. Results

3.1. Participants' demographics

The descriptive statistics of FWDs participating in the study are presented in Table 1. Accordingly, 59% of the participants are fire workers, and 41% are drivers (operators). The youngest is 19, and the most experienced is 63 years old. The average age of FWDs is 40. When the education level is examined, 50% of them are primary and secondary school graduates, 42% are high school graduates, and 8% have associate and undergraduate degrees. In addition, 81% of the personnel are married, and 80% are seasonal (temporary) workers. The average professional experience is 13 years. Around 27% of the FWDs who took part in combating the LFFs were the personnel of Antalya and Muğla RDFs, and 73% were assigned as part of the additional support force from 18 other RDFs.

3.2. Participants' opinions on inadequacies in combating LFFs and differences in these opinions

3.2.1. Participants' opinions on inadequacies in combating LFFs

The evaluation of the problems and deficiencies in combating LFFs according to the perspectives and perceptions of the personnel working in Antalya and Muğla RDFs during LFFs is given in Table 2. In terms of the number of personnel, the participants have classified the lack of personnel in the water tanker (D1) and ground crews (D2) in LFFs as moderate (5.97). Concerning the number of vehicles, i) the number of construction machinery (D3) is below the medium level (4.84); ii) the number of fire helicopters (D4) is moderate (5.10); and iii) the number of firefighting aircraft (D5) is moderate (5.17).

Regarding fire suppression infrastructure, i) the amount of in-forest water resources (D6) is moderate (5.18); and ii) the number of forest roads and maintained forest roads (D7) is moderate (5.64).

Concerning communication and coordination, i) problems due to lack of coordination (D8) are at a moderate level (5.61), and ii) lack of communication and coordination in night work (D9) is moderate (5.24) as well.

In terms of occupational health and safety, i) displacement and transportation problems (D10) are experienced at a moderate level (5.24) in night work; ii) fatigue and insomnia (D11) from overwork are experienced (7.16) due to the prolonged duration of the fire; iii) occupational health and safety problems (D12) are below medium level (4.81); and iv) the lack of training of firefighters (D13) is considered low (3.67).

3.2.2. Differences in participant views on inadequacies

It was investigated whether FWDs had similar views and perceptions on the issues presented in Table 2 regarding major forest fires. The Mann-Whitney U test was used to analyse whether there was a statistical difference between the responses of FWDs within the scope of the problems and insufficiencies experienced in the fight against LFFs

presented in Table 2. According to this test results, there is a significant difference between the responses of FWDs, regarding the lack of personnel in the fire truck teams (D1, $p=0.018$), and the lack of staff in the ground crews (D2, $p=0.001$). In addition, according to the Mann-Whitney U test results, vehicle status (D3, D4, D5), fire suppression infrastructure (D6, D7), communication and coordination (D8, D9), and occupational health and safety (D10, D11,

D12, D13), there is no statistical difference between the two groups in terms of the answers given to the statements presented on the subject.

In combating LFFs, the maximum number of working days that can be worked without leaving the field is an average of five days (Table 3). In general, 52% of the FWDs find 1–3 workdays appropriate, while 26% state that they can work for seven or more workdays.

Table 1. Descriptive characteristics of participants

Characteristics	Fire worker		Driver		General	
	N	%	N	%	N	%
Frequency	368	59.26	253	40.74	621	
Age (Mean)		38.74		42.36		40.22
Min–Max age		19–63		24–59		19–63
18–35	135	36.68	31	12.25	166	26.73
36–50	179	48.64	187	73.91	366	58.94
50<x	54	14.67	35	13.83	89	14.33
Education						
Primary school	104	28.26	70	27.67	174	28.02
Secondary school	62	16.85	74	29.25	136	21.9
High school	170	46.2	93	36.76	263	42.35
Associate degree	27	7.34	13	5.14	40	6.44
Bachelor's degree	5	1.36	3	1.19	8	1.29
Marital status (N and %)						
Married	273	74.18	233	92.09	506	81.48
Single	95	25.82	20	7.91	115	18.52
Staff type (N and %)						
Permanent (Perpetual)	79	21.47	45	17.79	124	19.97
Seasonal (Temporary)	289	78.53	208	82.21	497	80.03
Years of work (Mean)						
1–5	85	23.1	12	4.74	97	15.62
6–10	89	24.18	59	23.32	148	23.83
11–15	94	25.54	124	49.01	218	35.1
16–20	38	10.33	31	12.25	69	11.11
20<x	62	16.85	27	10.67	89	14.33

Table 2. The problems and deficiencies in combating LFFs

Staff problems		Fire worker		Driver		General		Mann whitney U	
		M	SD	M	SD	M	SD	Z	P
Personnel Number									
D1	Lack of personnel in the water truck teams	5.73	2.97	6.31	2.73	5.97	2.89	-2.359	0.018*
D2	Lack of staff in ground crews	5.63	3.02	6.45	2.66	5.97	2.90	-3.285	0.001*
Vehicle Status									
D3	Lack of construction machinery	4.69	2.9	5.05	2.82	4.84	2.87	-1.598	0.11
D4	Lack of fire helicopters	5.08	2.99	5.12	3.07	5.1	3.02	-0.181	0.856
D5	Lack of firefighting aircraft	5.16	3.03	5.18	3.07	5.17	3.05	-0.123	0.902
Fire Suppression Infrastructure									
D6	Lack of in-forest water resources	5.04	2.81	5.38	2.89	5.18	2.85	-1.490	0.136
D7	The number of forest roads and maintained forest roads	5.65	2.72	5.63	2.71	5.64	2.71	-0.104	0.917
Communication and Coordination									
D8	Problems due to lack of coordination	5.59	2.7	5.64	2.8	5.61	2.74	-0.353	0.724
D9	Lack of communication and coordination in night work	5.2	2.76	5.3	2.83	5.24	2.78	-0.521	0.602
Occupational Health and Safety									
D10	The problem of displacement and transportation in night work	5.2	2.8	5.36	2.83	5.26	2.81	-0.735	0.462
D11	Work inefficiency due to fatigue and sleeplessness, depending on the prolonged duration of the fire	7.04	2.52	7.35	2.31	7.16	2.44	-1.461	0.144
D12	Occupational health and safety problems	4.74	2.92	4.92	3.11	4.81	3	-0.735	0.462
D13	Lack of training of fire workers	3.66	2.78	3.69	2.93	3.67	2.84	-0.223	0.823

*: There are differences between groups ($p \leq 0.05$); M = mean; SD = standard deviation; D = deficiency

Table 3. The maximum number of workdays in combating LFFs

Working time (Workday)	Fire Worker		Driver		General	
	N	%	N	%	N	%
1–3	184	50.00	136	53.76	320	51.53
4–6	88	23.91	51	20.16	139	22.38
7–9	47	12.77	19	7.51	66	10.63
10–14	28	7.61	29	11.46	57	9.18
x>15	21	5.71	18	7.11	39	6.28
Average (SD)	4.92 (3.95)		5.21 (4.76)		5.04 (4.3)	
Mann-Whitney U Test	z=-0.687		p=0.492			

According to the Mann-Whitney U test results in Table 3, there is no significant difference ($p=0.492$) between the answers given by forest firefighters and drivers in terms of the maximum number of workdays they can perform in combating LFFs.

4. Discussion

According to the Agriculture and Forestry Council (AFC) (2019), the inability to create a sufficient number of firefighters in the fire truck and ground crews, and the inadequate physical characteristics of the workers, are stated as the main weaknesses in the fight against forest fires. Tedim et al. (2018) indicated that if a fire cannot be suppressed as a result of the inadequacy of local fire crews or the lack of training of the teams, an extreme forest fire disaster may ensue. This situation may lay the groundwork for forest fires to take hold in rough lands, where the intervention of forest fire teams from the outside is more hazardous and problematic. According to the study results (D1 and D2), it was determined that the lack of personnel in both the fire truck and ground crews had a moderate (5.97) effect on the growth of LFFs. The evaluations of the FWDs regarding the lack of personnel in the fire truck ($p=0.018$) and ground crews ($p=0.001$) differ from each other in terms of significance. This difference has arisen because drivers are more affected by the lack of personnel, and owing to the lack of personnel, some of the duties of FWDs are assigned to drivers as an additional task. Avcı and Korkmaz (2021) emphasized that although more FWDs were needed during the last 10 years, this number has decreased significantly over the last three years. In this context, the personnel problem can partially be alleviated by establishing and supporting the volunteer system expressed in GDF (2021).

The deficiency of construction machinery (D3) in the growth of LFFs is seen as a medium-level problem by firefighters (4.69) and drivers (5.05). The two groups agreed regarding the duty machine deficiency, and there was no statistical difference ($p=0.110$) between them. It is stated that dozers are required in the construction of firebreaks, which are essential in both strip openings and counter-fire applications in LFFs (Küçükosmanoğlu, 1986; Tadesse and Seboko, 2013).

Success in fighting forest fires requires a combination of ground and air firefighting forces (Dimitrakopoulos et al., 2011). Air support is highly effective in most forest fires, especially in the first response phase (Tedim et al., 2020). FWDs indicated that deficiency of D4 and D5 was moderately effective in the growth of LFFs (5.10 and 5.17, respectively). The two groups agreed on this issue, and there was no significant difference ($p=0.856$; $p=0.902$). However, the purchasing or leasing of aircraft in the fight against forest fires creates a great economic burden. In this context, Tadesse and Seboko (2013) suggest that aircraft should be used in other interventions (human, equipment, or food transportation in social events, such as natural disasters and conflict) to reduce these costs outside the fire season.

Water is generally used as the main suppression component in firefighting. Land and air crews are organized with vehicles that use from 400 liters to 10 tons of water with different levels of mobility (Tedim et al., 2020). According to FWDs, the deficiency of in-forest water resources (D6) had a moderate effect (5.18) in the growth of LFFs. On this issue,

the two groups agreed, and there was no statistical difference ($p=0.136$) between them. Due to the limited water storage capacity of water tenders and aircraft in combating forest fires, water must be supplied from the nearest point as soon as possible. As such, establishing artificial or natural water resources in the forest is imperative in reducing the water supply time (Tadesse and Seboko, 2013; GDF, 2021). Tadesse and Seboko (2013) stated that the water in the water pools of the hotels located in and on the edge of the forest could be used with a motor pump to respond to forest fires around the hotel and supply water to the water tankers. This arrangement could also be used in detached buildings in and around the forest. For such structures, it may be necessary to have a water source with a motor pump in swimming pools or similar systems. As such, a self-defense mechanism can be established in the building to guard against the danger of forest fires.

Forest roads have many intended purposes, such as connecting settlements and providing access to residences and tourism facilities. According to FWDs, the number of forest roads and maintained forest roads (D7) are moderately effective (5.64) in the growth of LFFs. On this issue, the two groups agreed, and there was no significant difference ($p=0.917$) between them. It is important that bushes are cleared on and around the edge of forest roads (Tadesse and Seboko, 2013). Bilgili et al. (2010) stated that there is no road network, and the efforts to fight forest fires in neglected forest areas will be insufficient. Forest road maintenance should be performed before the fire season to shorten the time to reach the fire, and to reduce the effect of the roadside and the combustible material load on the fire. Kasap et al (2024) declared to minimize the effects of forest fires on forest ecosystems, initial response teams should reach the fire area as quickly as possible via land transportation. Optimizing the locations of initial response teams in firefighting, deploying mobile response teams, improving road density, and increasing the speed design of existing roads significantly increases the effectiveness of fire response. Thus, utilizing mobile response teams and increasing the speed design on existing roads can minimize the time it takes for response teams to reach the fire and increase the accessible forest areas within the critical response time (Kasap et al., 2024). In this context, the 23% forest road construction not yet completed in GDF (2022) would be significant in combating forest fires.

Tedim et al. (2018) stated that the faults and deficiencies, such as source deficiency, poor coordination between firefighting crews, errant orders, training deficiencies, non-communication, land management not decreasing fuel consumption, and reneging on safety rules, can turn a forest fire into a LFF. According to FWDs, problems caused by coordination deficiencies (D8) are moderately (5.61) effective in the growth of LFFs. The two groups agreed on this issue, and there was no statistical difference ($p=0.724$) between them. As forest fires grow, activities such as the number of crews, fire response tactics, equipment organization, logistics activities, and public relations become more complex. Organization and coordination activities, especially in LFFs, involve different categories of people, professionals, or volunteers. Tadesse and Seboko (2013) stated that a clear definition of the responsibilities of the unit tasked with firefighting would increase the effectiveness of the communication and coordination activities. Purnomo et al. (2021) recommended defining the job descriptions of all

institutions involved in combating forest fires to eliminate communication and coordination problems. Bassi and Kettunen (2008) suggested coordinating with stakeholders in combating forest fires, thus pooling existing assets and adopting other measures to reduce the fire risk.

LFFs continue for days without regard for day or night. At such times, personnel work around the clock in the same environment, mostly without shift changes. According to FWDs, problems arising from communication and coordination deficiencies in night work (D9, 5.24) and nighttime displacement and transportation difficulties (D10, 5.26) are moderately experienced in the growth of LFFs. In both issues (D9, D10), the two groups agreed, and there was no statistical difference ($p=0.602$, $p=0.462$) between them. On this subject, Hauke et al. (2011) recommended that machines operated at night should have at least one light equipped at the front and rear to ensure safe operation. In addition, Coşgun (2022) suggested that FWDs could use artificial lighting with flashlights or overhead lamps during night work, use glowing clothes, and participate in night work training.

In LFFs, FWDs have duties with irregular schedules outside ordinary hours and involving physical work that lasts 14 days or longer (NWCG, 2022). According to FWDs, there is too much inefficient work (7.16) in the growth of LFFs, owing to fatigue and sleeplessness depending on the prolonged duration of the fire duration (D11). On this issue, the two groups agreed, and there was no significant difference ($p=0.144$) between them. In the same context, 52% of FWDs agreed that 1–3 days of working time would be suitable during LFFs. These two groups stated that they could work for a maximum of five days. There was no statistically significant difference ($p=0.602$) between the evaluations of the two groups regarding working time. In this regard, Özer (2022) and Küçükosmanoğlu (1986) stated that the FWDs' sleep and rest needs should be considered and that it would be appropriate to work in shifts.

Fighting forest fires is a dangerous job requiring special equipment and clothing to protect against hazardous environments (Tedim et al., 2020). According to FWDs, the occupational health and safety problem (D12) in the growth of LFFs is below the medium level (4.81). On this issue, the two groups agreed, and there was no statistical difference ($p=0.462$) between them. In the strategy for fighting forest fires, it is important to determine the principles that all stakeholders must comply with. In this context, as stated in Tadesse and Seboko (2013), all personnel who respond to forest fires should have good fire suppression knowledge, combat the fire with technologically appropriate personal protective equipment, and participate in an organization with a good command structure. All these elements need to be defined in the forest firefighting strategy document.

The lack of training of FWDs (D13) is considered a low-level (3.67) problem in the growth of LFFs. On this issue, the two groups agreed, and there was no significant difference ($p=0.823$) between them. Budiningsih et al. (2022) emphasize that managing forest fires requires detailed technical, socio-economic, and political intervention. FWDs receive training in fire extinguishing techniques and other technical issues at the beginning of the fire season (Şafak et al., 2023). Avcı and Korkmaz (2021) suggested that firefighting personnel (workers, engineers, and operators) should be well-trained in motivation, determination,

willpower, and initiative, as well as in technical training, and this training should be continuous.

Forest firefighting organizations and approaches vary widely from one country to another as a result of many factors, including people and the environment. In the upcoming period, according to many studies (Grünig et al., 2022; Balch et al., 2017; Buckland, 2016; San-Miguel-Ayanz et al., 2013; Taylor et al., 2013), it is estimated that managing LFFs will be increasingly complicated due to climate change, as fire hazard conditions will increase, the fire season will expand, and its severity will increase. In addition, as LFFs become a significant problem in the international arena, the necessity of improving the fire suppression system in fire-affected countries will become more evident and urgent (Tedim et al., 2020). As such, there is a need for research to strengthen international cooperation in fire management and develop a harmonized information system infrastructure at a regional and global level. Particularly, there is a need for research that can produce solutions on how to eliminate “organizational and infrastructure deficiencies”.

5. Conclusions

It is expected that forest fires and LFFs will occur more frequently than in the past. The increase in population density affects the rate of fire outbreaks and growth, and the more frequent occurrence of hot and arid years, together with climate change, heighten this danger. In this case, in the fight against forest fires, controllable parameters are as important as factors that cannot be directly controlled. The absence of deficiencies or inadequacies in controllable factors will increase the effectiveness and success of forest firefighting in direct proportion. In the fight against forest fires, the power of the land crews and the infrastructure support (the water resources and number of forest roads) are as important and efficient as the use of technological opportunities (aircraft, fire trucks, and construction machinery). In terms of the forest firefighting infrastructure, it is important to take care of the personnel involved, monitoring their working hours and occupational health, and ensuring safety precautions, communication strategies, and coordination activities are successfully implemented.

As a result of the study, personnel deficiency, construction machinery deficiency, aircraft deficiency, problems based on fire suppression infrastructure (forest road and water resources), non-communication and non-coordination deficiencies, and factors related to occupational health and safety deficiencies were determined to have a moderate effect on the growth of LFFs. The prolonged and continuous work creates a very high level of inefficiency in combating LFFs. In this context, eliminating the shortcomings mentioned in the study will increase the efficiency, success, and motivation of the employees involved in combating LFFs.

References

- Adams, M.A., 2013. Mega-fires, tipping points and ecosystem services: Managing forests and woodlands in an uncertain future. *Forest Ecology and Management*, 294: 250–261. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.11.039>.
- AFC, 2019. Innovative Approaches in Combating Forest Fires Working Group Document, III. Agriculture and Forestry Council (AFC), Ankara.

- Attiwill, P., Binkley, D., 2013. Exploring the mega-fire reality: A Forest Ecology and Management conference. *Forest Ecology and Management*, 294: 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.025>.
- Avcı, M., Korkmaz, M., 2021. Fire problems in Türkiye: Evaluations of some current issues. *Turkish Journal of Forestry*, 22(3): 229-240. <https://doi.org/10.18182/tjf.942706>.
- Balch, J.K., Bradley, B.A., Abatzoglou, J.T., Nagy, R.C., Fusco, E. J., Mahood, A. L., 2017. Human-started wildfires expand the fire niche across the United States. *Proceedings of the Academy of Sciences*, 114(11): 2946-2951. <https://doi.org/10.1073/pnas.1617394114>.
- Bassi, S., Kettunen, M., 2008. Forest Fires: causes and contributing factors in Europe. European Parliament Policy Department Economic and Scientific Policy, IP/A/ENVI/ST/2007-15, London.
- Bilgili, E., 2003. Stand development and fire behavior. *Forest Ecology and Management*, 179(1): 333-339.
- Bilgili, E., Baysal, İ., Dinç Durmaz, B., Sağlam, B., Küçük, Ö., 2010. Evaluating big forest fire break out in Türkiye in 2008. Third National Black Sea Forestry Congress, 20-22 May 2008, Artvin, pp. 1270-1279.
- Buckland, M. K., 2016. What is a mega fire? Defining the social and physical dimensions of extreme U.S. wildfires (1988-2014). Master thesis, University of Colorado, Master of Arts Department of Geography, USA.
- Budiningsih, K., Nurfatriani, F., Salminah, M., Ulya, N. A., Nurlia, A., Setiabudi, I. M., Mendham, D. S., 2022. Forest management units' performance in forest fire management implementation in Central Kalimantan and South Sumatra. *Forests*, 13(6): 894. <https://doi.org/10.3390/f13060894>.
- Coşgun, U., 2022. Forest fires within the scope of occupational health and safety. In: *Protect Your Future, It's Not Just Trees That Burn* (Ed. Kavgacı, A.). The Foresters' Association of Türkiye (TOD), Ankara, pp. 74-91.
- Daşdemir, İ., 2021. *Scientific Research Methods* (3rd ed.), Nobel Academic Publishing, Ankara.
- 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.
- FAO, 2007. Fire management-global assessment 2006. FAO Forestry Paper 151, Rome, <http://www.fao.org/docrep/009/a0969e/a0969e00.htm>, Accessed: 21.11.2022.
- FAO, 2022. FAO Strategy on Forest Fire Management, Rome, <https://www.fao.org/forestry/49772-0e64392e1b16124967bab33b6cbd84417.pdf>, Accessed: 21.11.2022.
- Fernandes, P. M., Barros, A. M. G., Pinto, A., Santos, J. A., 2016a. Characteristics and controls of extremely large wildfires in the western Mediterranean Basin. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 121(8): 2141-2157. <https://doi.org/10.1002/2016JG003389>.
- Fernandes, P. M., Pacheco, A. P., Almeida, R., Claro, J., 2016b. The role of fire suppression force in limiting the spread of extremely large forest fires in Portugal. *European Journal of Forest Research*, 135: 253-262, DOI:10.1007/s10342-015-0933-8.
- Ganteaume, A., Camia, A., Jappiot, M., San-Miguel-Ayanz, J., Long-Fournel, M., Lampin, C., 2013. A review of the main driving factors of forest fire ignition over Europe. *Environmental Management*, 51: 651-662, DOI:10.1007/s00267-012-9961-z
- GDF, 2018. Strategic Plan (2019-2023). General Directorate of Forestry, Ankara.
- GDF, 2021. Forest Fire Fighting Evaluation Report. General Directorate of Forestry, Ankara.
- GDF, 2022. Forest Fire Fighting Action Plan. General Directorate of Forestry, Ankara.
- GDF, 2024. Forestry Statistics, General Directorate of Forestry, Ankara, <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Accessed: 16.02.2025.
- Gill, A. M., Allan, G., 2008. Large fires, fire effects and the fire-regime concept. *International Journal of Wildland Fire*, 17: 688-695. DOI:10.1071/WF07145.
- Grünig, M., Seidl, R., Senf, C., 2022. Increasing aridity causes larger and more severe forest fires across Europe. *Global Change Biology*, 29(6):1648-1659, <https://doi.org/10.1111/gcb.16547>.
- Güney, Ç. O., Özkan, K., Şentürk, 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): 459470. DOI: 10.17099/jffiu.42696
- Hauke, A., Georgiadou, P., Pinotsi, D., Kallio, H., Lusa, S., Malmelin, J., Punakallio, A., Pääkkönen, R., de Meyer, S., Nicolescu, G.I., 2011. Emergency Services: A Literature Review on Occupational Safety and Health Risks, EU-OSHA, Belgium, DOI 10.2802/54768.
- Iliadis, L. S., Papastavrou, A.K., Lefakis, P. D., 2002. A computer-system that classifies the prefectures of Greece in forest fire risk zones using fuzzy sets. *Forest Policy and Economics*, 4:43-54. [https://doi.org/10.1016/S1389-9341\(01\)00079-X](https://doi.org/10.1016/S1389-9341(01)00079-X).
- Juang, C. S., Williams, A. P., Abatzoglou, J. T., Balch, J. K., Hurteau, M. D., Moritz, M. A., 2022. Rapid growth of large forest fires drives the exponential response of annual Forest-fire area to aridity in the Western United States. *Geophysical Research Letters*, 49(5): e2021GL097131. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2021GL097131>.
- Kalabokidis, K.D., Gatzojannis, S., Galatsidas, S., 2002. Introducing wildfire into forest management planning: towards a conceptual approach. *Forest Ecology and Management*, 158(1-3):41-50, [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00715-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00715-5).
- Kalaycı, Ş. (Ed.), 2016. SPSS Applied Multivariate Statistical Techniques, Asil Publication Distribution, Ankara.
- Kasap, C. Y., Akay, A. E., Arıca, B., Bilici, E., et al., 2024. Expanding the Accessible Forest Areas by Improving Forest Road Standards and Utilizing Mobile Fire-fighting Teams. *European Journal of Forest Engineering*, 10(2):133-141, <https://doi.org/10.33904/ejfe.1502061>
- Kavgacı, A., Başaran, M.A. (Eds.) 2023. *Forest Fires. The Forester's Association of Türkiye Publish*, Ankara.
- Küçükosmanoğlu, A., 1986. Classification of the forest fires and the causes of occurrence and spread of big forest fires in Türkiye. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, A36(1):131-154.
- Lecina-Diaz, J., Martínez-Vilalta, J., Alvarez, A., Vayreda, J., Retana, J., 2021. Assessing the risk of losing forest ecosystem services due to wildfires. *Ecosystems*, 24(7):1687-1701. <https://doi.org/10.1007/s10021-021-00611-1>.
- Lein, J. K., Stump, N. I., 2009. Assessing wildfire potential within the wildland-urban interface: A southeastern Ohio example. *Applied Geography*, 29:21-34. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.06.002>.
- 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. <https://doi.org/10.3390/fire6040133>.
- Liu, Z., Yang, J., He, H. S., 2013. Identifying the threshold of dominant controls on fire spread in a boreal forest landscape of northeast China. *PLoS One*, 8(1): e55618, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055618>.
- McCaffrey, S., Toman, E., Stidham, M., Shindler, B., 2013. Social science research related to wildfire management: an overview of recent findings and future research needs. *International Journal of Wildland Fire*, 22(1): 15-24. DOI:10.1071/wf11115.
- Mouillot, F., Rambal, S., Joffre, R., 2002. Simulating climate change impacts on fire frequency and vegetation dynamics in a Mediterranean-type ecosystem. *Global Change Biology*, 8(5): 423-437. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00494.x>.
- NWCG, 2022. A Preparedness Guide for Wildland Firefighters and Their Families. The National Wildfire Coordinating Group (NWCG), USA.

- Oncel Cekim, H, Güney, C. O., Şentürk, Ö., Özel, G., Özkan, K., 2021. A novel approach for predicting burned forest area. *Natural Hazards*, 105: 2187–2201. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04395-w>
- Özer, M., 2022. The Effects of Wrong Forestry Policies on Forest Fires. In: *Protect Your Future, It's Not Just Trees That Burn* (Ed. Kavgacı, A.). The Foresters' Association of Türkiye (TOD), Ankara, pp:18-33.
- Parks, S.A., Abatzoglou, J.T., 2020. Warmer and drier fire seasons contribute to increases in area burned at high severity in western US forests from 1985 to 2017. *Geophysical Research Letters*, 47(22): e2020GL089858. <http://dx.doi.org/10.1029/2020GL089858>
- Pausas, J. G., Llovet, J., Rodrigo, A., Vallejo, R., 2008. Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? -A review. *International Journal of Wildland Fire*, 17: 713–723. <http://dx.doi.org/10.1071/WF07151>.
- 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. <https://doi.org/10.1071/WF20168>.
- Pyne, S. J., 2007. Megaburning: The Meaning of Megafires and the Means of the Management. *Proceeding of Wildfire*, 4th International Wildland Fire Conference, 13-17 May 2007, Seville, Spain, pp. 1-7.
- San-Miguel-Ayanz, J., Moreno, J. M., Camia, A., 2013. Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives. *Forest Ecology and Management*, 294: 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.050>.
- Şafak, İ., Okan, T., Karademir, D., 2023. Perceptions of Turkish forest firefighters on in-service trainings. *Fire*, 6(2):38. <https://doi.org/10.3390/fire6020038>.
- Sayın, S., Güney, C. O., Sarı, A., 2014. Occupational health and safety in forest fires. *Suleyman Demirel University, Faculty of Forestry Journal*, 15(2): 168-175. <https://doi.org/10.18182/tjf.28370>.
- Stavros, E. N., Abatzoglou, J., Larkin, N. K., McKenzie, D., Steel, E. A., 2014. Climate and very large wildland fires in the contiguous western USA. *International Journal of Wildland Fire*, 23: 899–914. <https://doi.org/10.1071/WF13169>.
- 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.
- Taylor, S. W., Woolford, D. G., Dean, C. B., Martell, D. L., 2013. Wildfire prediction to inform fire management: statistical science challenges. *Statistical Science*, 28(4): 586–615. DOI: 10.1214/13-STS451.
- Tedim, F., Leone, V., Amraoui, M., Bouillon, C., Coughlan, M. R., Delogu, G. M., Fernandes, P. M., Ferreira, C., McCaffrey, S., McGee, T. K., Parente, J., Paton, D., Pereira, M. G., Ribeiro, L. M., Viegas, D. X., Xanthopoulos, G., 2018. Defining extreme wildfire events: Difficulties, challenges, and impacts. *Fire*, 1(1):9. <https://doi.org/10.3390/fire1010009>.
- Tedim, F., McCaffrey, S., Leone, V., Delogu, G. M., Castelnou, M., McGee, T. K., Aranha, J., 2020. What can we do differently about the extreme wildfire problem: An overview. In: *Extreme Wildfire Events and Disasters: Root Causes and New Management Strategies* (Eds: Tedim F., Leone V. and McGee TK.) Elsevier, pp. 233-263, <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03309-8>.
- Tsakalidis, S. G., Gitas, I. Z., 2007. Use of Remote Sensing and GIS in forest fire suppression planning. *Proceedings of the 6th International Workshop of The EARSeL Special Interest Group on Forest Fires-Advances in Remote Sensing and GIS Applications in Forest Fire Management: Towards an Operational Use of Remote Sensing in Forest Fire Management*, OPOCE; 2007, Luxembourg, pp. 91-96.
- TSMS, 2025. 1930-2024 General Meteorological Statistical Data of Provinces. Turkish State Meteorological Service (TSMS), <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx>, Accessed:16.02.2025.
- Urbieto, I. R., Franquesa, M., Viedma, O., Moreno, J. M., 2019. Fire activity and burned forest lands decreased during the last three decades in Spain. *Annals of Forest Science*, 76(3): 90. <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0874-3>.
- Vakalis, D., Sarimveis, H., Kiranoudis, C. T., Alexandridis, A., Bafas, G., 2004. A GIS based operational system for wildland fire crisis management II. System architecture and case studies. *Applied Mathematical Modelling*, 28(4):411–425. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2003.10.006>.
- Varela, E., Jacobsen, J. B., Soliño, M., 2014. Understanding the heterogeneity of social preferences for fire prevention management. *Ecological Economics*, 106:91-104. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.07.014>.
- Withen, P., 2007. Analysis of the risk management decisionmaking processes and the decision support systems in the wildland fire agencies. *The fire environment—innovations, management, and policy; conference proceedings*. 26-30 March 2007, Destin, Florida, USA, pp. 633-642.

İş yeri mutluluğu ve kurumsal aidiyet bilinci arasındaki ilişkide iş doyumunun düzenleyici rolü: Doğa Koruma ve Milli Parklar 4. Bölge Müdürlüğü örneği

Gökhan Topaloğlu^{a,*}, Murat Özen^b, Hasan Alkan^b

Öz: Kurumların başarısını ve sürdürülebilirliğini etkileyen birçok farklı etmen bulunmaktadır. Etkili personel yönetimi ve personelin kurum ile ilişkisini artırıcı faaliyetlerin işe koşulması bunlardan birisidir. İnsanların yaptıkları işte başarılı olması bireysel tatmini sağlamasının yanı sıra kurumsal başarıyı da etkilemektedir. Nitekim personelin iş yerinde mutlu, iş doyumu yüksek ve kurumsal bağlılık düzeylerinin yüksek olması kurumsal gelişime olumlu katkı sağlaması beklenmektedir. Bu araştırma Doğa Koruma ve Milli Parklar 4. Bölge Müdürlüğü ve bağlı şube müdürlüklerinde çalışan personelin (145 teknik personel 182 idari personel) iş yeri mutluluğu ile kurumsal aidiyet bilinci arasındaki ilişkide iş doyumunun düzenleyici rolünü tespit etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma evreni 327 kişiden oluşmakta olup 93 katılımcı ile anket çalışması yapılmıştır. Araştırmada veriler anket tekniği ile toplanmıştır. Verilerin analiz edilmesinde SPSS 22 ve AMOS istatistik paket programlarından yararlanılmıştır. Araştırmada faktör analizi, korelasyon analizi, regresyon analizi ve yapısal eşitlik modeli ile doğrulayıcı faktör analizi, yol analizi ve düzenleyici etki analizlerinden yararlanılmıştır. Araştırma bulgularına göre iş doyumunun, iş yeri mutluluğu ile kurumsal aidiyet bilinci arasındaki ilişkide düzenleyici etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Faktör analizi, Kurumsal aidiyet, İş yeri mutluluğu, İş doyumu, Millî park

The moderating role of job satisfaction in the relationship between workplace happiness and corporate belonging consciousness: The example of the 4th Regional Directorate of Nature Conservation and National Parks

Abstract: There are many different factors affecting the success and sustainability of institutions. Effective personnel management and activities that increase the relationship between the personnel and the institution are among them. People being successful in their work not only provides individual satisfaction but also affects institutional success. Indeed, it is expected that the personnel being happy at work, having high job satisfaction and high levels of institutional commitment will contribute positively to institutional development. This research was conducted to determine the moderating role of job satisfaction in the relationship between workplace happiness and institutional sense of belonging among the personnel (145 technical personnel and 182 administrative personnel) working in the 4th Regional Directorate of Nature Conservation and National Parks and affiliated branch directorates. The research universe consists of 327 people and a survey was conducted with 93 participants. The data in the research was collected using the survey technique. SPSS 22 and AMOS statistical package programs were used in the analysis of the data. Factor analysis, correlation analysis, regression analysis and structural equation model, as well as confirmatory factor analysis, path analysis and moderating effect analysis were used in the research. According to the research findings, it was determined that job satisfaction has a moderating effect on the relationship between workplace happiness and corporate sense of belonging.

Keywords: Factor analysis, Corporate belonging, Workplace happiness, Job satisfaction, National park

1. Giriş

Belirli amaçlara ulaşabilmek adına bir araya gelmiş ve ana unsuru insan olan toplumsal yapılanmalar olarak tanımlanabilen örgüt/kurumların kendisinden talep edilen mal/hizmeti sunabilmesi ve kurumsal kapasitelerini arttırabilmeleri kurumların amaç ve hedeflerini bilen, bunları kendi amaç ve hedefleri gibi benimseyen, kurumsal değerlere bağlı, iş doyumu ve mutluluğu yüksek ve bütün bunların sonucunda da aidiyet duygusu gelişmiş çalışanlarının varlığına bağlıdır (Alkan, 2018). Bu durum kurum ile personel arasındaki ilişkileri ve bu ilişkilerin düzeyini önemli hale getirmektedir. Bu ilişkide kurum ile personel arasında

sağlıklı iletişim ve kaliteli bir bağın oluşması personelin kuruma aidiyet hissini etkilemekte; personelin kurumda çalışma isteğine olumlu olarak yansımaktadır (Öztop, 2014).

Kurumsal gelişim sürecinde en fazla ihtiyaç duyulan unsur nitelikli insan kaynağıdır. Nitelikli insan kaynağının oluşmasında kişilerin bireysel yetenekleri ve bilgisi kadar, kurumsal olarak uyumu da oldukça önemlidir. Fiziksel çalışma ortamı koşulları ve sosyal haklar kuruma karşı olan güven ve başarılı olma hissini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu durum çalışanların kurumlarına karşı belli bir tutum geliştirmesini etkilemekte ve devamında kurumsal olarak aidiyet duygusunun gelişimine katkı sağlamaktadır (Tiryaki, 2005). Kurumsal aidiyet temelde çalışanlar ile içerisinde

^a Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Aydın Doğa Koruma ve Milli Parklar Müdürlüğü, Aydın

^b Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): gtopaloglu18@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 11.02.2025, **Accepted** (Kabul tarihi): 21.03.2025



Citation (Atıf): Topaloğlu, G., Özen, M., Alkan, H., 2025. İş yeri mutluluğu ve kurumsal aidiyet bilinci arasındaki ilişkide iş doyumunun düzenleyici rolü: Doğa Koruma ve Milli Parklar 4. Bölge Müdürlüğü örneği. Turkish Journal of Forestry, 26(2): 157-167.
DOI: [10.18182/tjf.1637326](https://doi.org/10.18182/tjf.1637326)

bulundukları ve temsil ettikleri organizasyon ile aralarındaki uyumu ifade etmektedir (Leong vd., 1996). Çalışma ortamında mutlu, arkadaşlarıyla uyum içerisinde olan personelin kurumsal aidiyet bilincinin yüksek olduğu kabul edilmektedir (Sevinç, 2022).

İş yeri mutluluğu bireyin kişisel olarak kendini iyi hissetmesi, örgütsel açıdan iyi bir çalışma performansı sergilemesi, çalışma arkadaşları ile sağlıklı ilişkiler kurması şeklinde ifade edilebilmektedir (Pryce-Jones, 2010). İş yeri mutluluğu üç unsurdan oluşmaktadır. Bunlar iş tatmini, örgütsel bağlılık ve işe tutulmadır (Fisher, 2010). Kişilerin yaptıkları işe karşı olumlu bir tutum içinde olması ve yaptığı işten keyif alması olarak nitelendirilen iş tatmini (Hashim ve Mahmood, 2011; Robbins ve Judge, 2013) ile kurumsal aidiyet arasında olumlu bir ilişki bulunmaktadır (Testa, 2001). Örgütsel bağlılık çalışanların örgüt amaçlarını gözeterek çalışması örgüt üyesi olarak kalmayı istemesi olarak tanımlanmaktadır (Uygur, 2009). İşe tutulma ise çalışanın duygusal, fiziksel ve bilişsel olarak kendini işe adanması olarak ifade edilmektedir (Khan, 1990).

İş yerindeki mutluluk, iş doyumu ve kurumsal aidiyet bilinci çalışanların yaptıkları işe ve kurumlarına karşı bakış açılarını ortaya koyan önemli unsurlardır. İnsan psikolojik bir varlık olarak bulunduğu ortamda çok fazla unsurdan etkilenebilmektedir. İş hayatında meydana gelen gelişmeler, kültürel farklılıklar çalışanların iş hayatında belli değişimleri zorunlu kılmaktadır (Rodríguez-Carvajal vd., 2010). Özellikle iş hayatındaki rekabet ortamı, çalışanın üstlendiği görev ile ilişkisi, çalışma ortamı koşulları gibi çalışma hayatını etkileyen unsurların iyi olması, çalışanın iş yerinde daha mutlu olmasına olanak sağlamaktadır. İş yeri mutluluğunu yakalamış çalışanlar, daha üretken, daha yaratıcı, iş arkadaşları ile daha iyi iletişim kurabilen kişiler olmaktadır (Pryce-Jones, 2011).

İş doyumu kavramı çalışanın işine yaklaşım biçimi ve değerlendirmesi ile duyduğu olumlu duygusal durum olarak tanımlanmaktadır (Vroom, 1964). İş hayatı doğası gereği mutluluğun sağlanabilmesi için yapılan işten haz almayı ve doyum almayı gerekli kılmaktadır. Bu iş doyumunun sağlanabilmesi için bireyin işinden beklentileri ile işin özelliklerinin uyumlu olması gerekmektedir. İşini seven, kurum için üretken olmaya çalışan kişinin hem iş doyumunu hem de mutluluk ve aidiyet bilincini yakalaması olağandır. Temelde iş doyumunu etkileyen hem psikolojik hem de bireysel faktörler bulunmaktadır. Cinsiyet, yaş, eğitim düzeyi, deneyim bireysel faktörler olarak gösterilirken; ücret, iş ortamı, iş arkadaşları, takdir görme gibi faktörler ise psikolojik faktörler olarak gösterilmektedir (Demirtaş ve Çağan, 2021). Nitekim kurumların başarıya ulaşabilmesi için çalışanlarını hem bireysel hem de psikolojik olarak etkileyen faktörleri dikkate alması gerekmektedir (Çalışkan vd., 2011). Kurum ve çalışan arasındaki uyumun yakalanabilmesi için iş doyumunu kavramının dikkate alınarak değerlendirilmesi oldukça önemlidir (Quarstein vd., 1992).

Kişilerin psikolojik ve sosyal hayatlarını etkileyen aidiyet duygusu çalışan üzerinde farklı etkilere sebep olabilmektedir. Özellikle beklentileri karşılanmayan, kurumu ile olumlu bir bağ kuramayan çalışanların aidiyet bilinçleri düşük olur ve çalışan yalnızlaşma yaşayabilir. (Melor vd., 2008). Kurum verimliliği ve başarısını önemli ölçüde etkileyen kurumsal aidiyet bilinci, dikkate alınıp değerlendirilmesi gereken bir unsurdur. Kurumsal aidiyet bilinci yüksek çalışanlar kurumları için daha verimli ve daha etkin çalışmaktadırlar (Öztop, 2014). İzgören (1999) ve Wasti (2002) kurum

başarısı ile çalışanların kurumsal aidiyet bilinçleri arasında olumlu bir ilişkinin varlığını ifade etmektedirler.

Yukarıda değinilen kavram ve olgular çalışanların sosyo-ekonomik ve psikolojik durumları ile yakından ilintilidir. Bu kavramların aynı zamanda soyut kavramlar olması denetlenmesi ve değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte literatürde farklı alanlarda farklı kurumlar için yapılmış bazı çalışmalara rastlamak mümkündür. Nitekim, iş doyumu, iş memnuniyeti ve diğer psikolojik faktörlerin ayrı ayrı irdelendiği bazı araştırmalar bulunmasına rağmen (Akyüz vd., 2011; Yurdakul Erol ve Köse, 2017; Çok vd., 2017; Korkmaz ve Baykal, 2018; Daşdemir ve Ağdaş Okul, 2019; Yılmaz vd., 2020; Enez ve Bulut, 2021; Akyol vd., 2022); ormancılıkla ilgili kurumlarda çalışanlara yönelik yapılan araştırmaların görece daha sınırlı olduğunu söylemek mümkündür.

Milli parklar, tabiat parkları, sulak alanlar, yaban hayatı geliştirme sahaları vb. korunan alanlar ekolojik dengeyi korumasında kritik öneme sahip alanlar olup; aynı zamanda insanlara rekreatif faaliyet olanakları da sunmaktadır. Bu alanlar ülkemizde insanların eğlenme, dinlenme, doğa yürüyüşü, deniz turizmi, yaban hayatı gözlemi, fotoğrafçılık gibi faaliyetlerin yerine getirilmesinde sıklıkla tercih edilmektedir. Bu alanların doğru ve etkili bir şekilde yönetilebilmesi uygun strateji-politikalar ve mevzuatın oluşturulması kadar örgüt yapısı ve etkili yönetim stratejilerinin belirlenmesi ile de yakından ilgilidir. Yönetim stratejileri kurumsal faaliyetleri yerine getirmenin yanı sıra personel yönetimini de kapsamaktadır. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü (DKMPGM) ülkemizin önemli doğal korunan alanlarının yönetiminden sorumlu kamu kurumudur. Bu araştırma da DKMPGM'nin 15 bölge müdürlüğünden biri olan Doğa Koruma ve Milli Parklar 4. Bölge Müdürlüğü (DKMP4BM) ve bağlı ve şube müdürlüklerinde (Manisa, İzmir, Aydın, Muğla) çalışan personelin (teknik ve idari) iş yeri mutluluğu ile kurumsal aidiyet bilinci arasındaki ilişkide iş doyumunun düzenleyici etkisi irdelenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

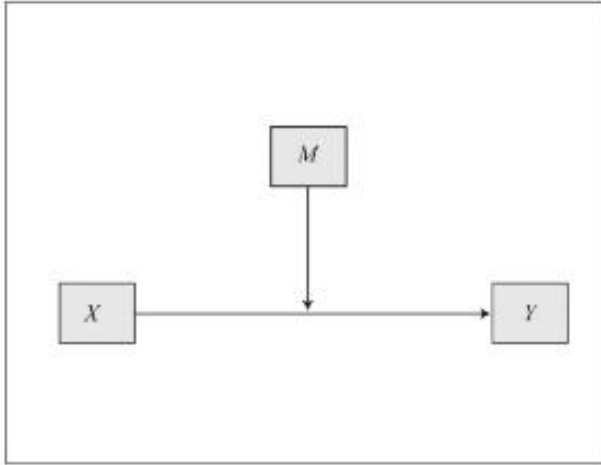
Araştırmada literatürden yararlanılarak oluşturulan anket formları uygulandıktan sonra elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak gerekli analizler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda oluşturulan araştırma hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H₁: İş yeri mutluluğunun kurumsal aidiyet bilinci üzerinde anlamlı ilişki vardır,

H₂: İş doyumunun kurumsal aidiyet bilinci üzerinde anlamlı ilişki vardır,

H₃: İş yeri mutluluğu ile kurumsal aidiyet bilinci arasındaki ilişkide iş doyumunun düzenleyici etkiye sahiptir, şeklindedir.

Araştırmanın kuramsal modeli Şekil 1'de gösterilmiştir.

Model 1**Conceptual Diagram**

Şekil 1. Düzenleyici etki kuramsal model. X; İş yerinde mutluluk Y; Kurumsal aidiyet bilinci M; İş doyumu

Figure 1. Theoretical model of moderating effect. X; Happiness at work Y; Sense of organizational belonging M; Job satisfaction

Türkiye’de ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik, kara avcılığı faaliyetleri, tabiat parkları, milli parklar, tabiatı koruma alanları, tabiat anıtları, yaban hayatı geliştirme sahaları ve sulak alanlar gibi doğanın önemli unsurlarını planlama, projelendirme ve yönetme faaliyetleri Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü (DKMPGM) ve Genel Müdürlüğe bağlı Türkiye’nin çeşitli illerine yayılmış 15 Bölge Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Bölge müdürlüğü ve bağlı örgütlerinde çalışan personelin iş doyumu, işyerindeki mutluluğu ve kurumsal aidiyetleri bu organizasyonların başarısına etki edeceği gibi, tüketicilere de olumlu yönde yansımaktadır. Tam saha ölçümünün zorlukları nedeniyle araştırma alanı olarak 15 bölge müdürlüğünden birisi olan ve bölge müdürlüklerince yürütülen ekosistem hizmetleri ve diğer faaliyetlerin tamamına yakının örneklerinin görülebildiği ve yeterli sayıda çalışana sahip DKMP4BM seçilmiştir. 4. Bölge Müdürlüğü lokasyon olarak ülkemizin en önemli kıyılarına, tabiat parklarına ve milli parklarına sahiptir. Bu özelliği araştırma alanı seçiminde etkili olmuştur. DKMP4BM ve bağlı şube müdürlüklerinde toplam 327 personel görev yapmaktadır. Örnek büyüklüğünün belirlenmesinde Karasar (2005) ve Yazıcıoğlu ve Erdoğan (2004)’dan yararlanılmıştır.

$$N = Z^2 Npq / ND^2 + Z^2 pq \quad (1)$$

Burada;

n: Örnek büyüklüğü,

Z: Güven katsayısını (%95’lik güven düzeyi için Z=1,96),

N: Ana kütle büyüklüğü,

p ve q: Ölçülmek istenilen büyüklüğün, ana kütlede bulunma olasılığını (0,5),

D: Kabul edilen örnekleme hatasını (%10) göstermektedir

Formüle (1) göre yapılması gereken en az anket sayısı 74 olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte anket güvenilirliğinin yükseltilmesi amacıyla anket sayısı artırılmış toplamda 93

kişiyle çevrimiçi (online) olarak anket yapılmıştır. Literatürde araştırmalar incelendiğinde, ana kütle üzerinden geri dönüş oranlarının %20 ile %45 arasında değiştiği görülmektedir (Bal ve Gundry, 1999; Hum ve Leow, 1996). DAF analizi ve YEM analizlerinde örneklem büyüklüğünün belirlenmesi literatürde farklı görüşler bulunmaktadır. Anderson ve Gerbing (1984)’e göre en az 100 olması gerekirken, bazı araştırmacılara göre ölçme aracında yer alan madde sayısına göre değişeceği savunulmaktadır. Catell (1978) en az madde sayısının 3 katı, Kline (1994) ise bu oranın 10:1 tutulmasını önermekle birlikte oranın azaltılabileceğini ve en az 2:1 olması gerektiğini belirtmektedir. DFA için örneklem büyüklüğünün madde sayısının belli katı şeklinde veya belli kişi sayısı olarak ifade edilmesinde problemlere neden olabileceği, bu yaklaşımların hızlı ve kullanışlı olmasına karşın uygun olmadığı ifade edilmektedir (Wolf vd., 2013). Literatürde DFA için örneklem büyüklüğünün belirlenmesinde basit belli kuralların olmadığı, uyum indeksleri, standardize edilmiş yükler, hatalı tanımlama durumu ve önerilen kişi sayısının serbest parametrelere (N/q) oranının birlikte değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Jackson, 2001). Literatürdeki tüm görüşler ve araştırma modeli bir bütün olarak değerlendirildiğinde örneklem sayısının DFA için yeterli olduğu görülmektedir.

Anket formları hazırlandıktan sonra Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu’nun 02.05.2024 tarih ve 192/05 no’lu kararı ile etik kurul izni alınmıştır. Anket formunda katılımcıların profil özelliklerini belirlemeye yönelik sorular ile KAB, İYM ve İD düzeyini ölçmek için önermeler bulunmaktadır. Kurumsal aidiyet bilinci ölçeği için Öztıp (2014)’un çalışmasında kullandığı ölçekten yararlanılmıştır. Minnesota İş tatmini Ölçeği Weiss vd. (1967) tarafından geliştirilen Koçoğlu (2015)’in çalışmasında kullandığı ölçekten yararlanılmıştır. İş yeri mutluluğu ölçeğinde ise Salas Vallina ve Alegre Vidal (2018) tarafından geliştirilen Bilginoğlu ve Yozgat (2020) tarafından Türkiye’ye uyarlanan İşyerinde Mutluluk Ölçeği kullanılmıştır. Soruların hazırlanmasında 5’li likert tipi ölçek kullanılmıştır (1: Hiç katılmıyorum, 2: Katılmıyorum, 3: Kararsızım, 4: Katılıyorum, 5: Tamamen katılıyorum).

Araştırma kapsamında elde edilen veriler SPSS 22.0 ve AMOS istatistik paket programları yardımıyla değerlendirilmiştir. Ölçeklerin faktör yapılarının belirlenmesi, güvenilirliği ve geçerliliğinin ortaya koyulmasında açıklayıcı faktör analizi (AFA) (Büyüköztürk, 2002), faktör yapılarının doğrulanması ve düzenleyici etki analizinin gerçekleştirilmesinde doğrulayıcı faktör analizi (DFA) ile yol analizleri kullanılmıştır. AFA, gizil ve gözlenen değişkenler arasındaki ilişkiyi ve gözlenen değişkenlerin faktörü temsil yeteneğini ortaya koymak amacıyla yapılan istatistiksel analizdir (Henson ve Roberts, 2006). Ölçeklerin faktör yapılarının belirlenmesinde AFA, bu faktör yapılarının doğrulanmasında ise DFA kullanılmaktadır. Düzenleyici etki analizi, etkileşim (interaction) değişkeni olarak da bilinen düzenleyici değişken farklı değerler aldıkça, bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiler de değişmektedir. Bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin ne zaman artacağı; ne zaman azalacağı ya da bu etkinin neye bağlı olduğunu gösteren değişken, düzenleyici değişkendir. Bu analiz AMOS programı yardımı ile oluşturulan yol analizi ile analiz edilmiştir. Araştırma modeli Hayes (2013) tarafından geliştirilen Model 1 kullanılarak analiz edilmiştir. Öncesinde

çoklu regresyon analizi yapılarak önemli değerler hesaplanmıştır. Bunlar, ölçeklerin benzeşme geçerliliğinin ortaya konulması için Average Variance Extracted (AVE) ve Composite Reliability (CR) değerleridir. AVE değerinin 0,40'tan CR değerinin 0,70'ten fazla olması benzeşme geçerliliğinin sağlandığını göstermektedir. Faktör yapılarının doğrulanmasında DFA yapılmış ve uyum indeks değerlerinden ($\chi^2/sd < 5$, CFI, GFI, $< 0,80$ SRMR $< 0,10$, RMSEA $< 0,10$) (Schermele ve Moosbrugger, 2003; Shevlin vd., 2000; Simon vd., 2010; Meydan ve Şeşen, 2015) yararlanılmıştır. Düzenleyici etki analizi AMOS programı kullanılmış ve Aiken ve West (1991), Dawson (2014) ve Dawson ve Richter (2006) tarafından geliştirilen etkileşim etki grafiğinden yararlanılmıştır. AFA ile ölçeklerin faktör yapıları belirlenirken her bir önermenin faktör yükünün 0,30 ve üzerinde olması yeterli kabul edilmiştir (Neale ve Liebert, 1980; Harrington, 2009). Bunun dışında toplam açıklanan varyans oranı (AVO), binişik değer, Kaise-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett testi faktör yapılarının belirlenmesinde dikkate alınmıştır. Ölçeklerin güvenilirliğinin değerlendirilmesinde crochbach's alfa katsayısı (0,60-0,79 arası olması güvenilir kabul edilmektedir) kullanılmıştır (Özdamar, 2002). AVO'nun %40 olması (Büyüköztürk, 2012; Eroğlu, 2008) ve KMO değerinin en az 0,50 olması (Field, 2000) yeterli kabul edilmektedir. Faktör analizi sonuçlarının yetersiz bulunması durumunda faktör döndürme işlemi varimax yöntemiyle yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Katılımcıların sosyo-demografik özellikleri

Katılımcıları tanımlayan özellikler (profil), bir bireyi içsel ve dışsal etkenleri göz önüne alarak irdeleme ve bireyin ayırt edici özelliklerini tanımlayarak ortaya koyma işlemi olarak ifade edilmektedir (Keskin vd., 2010; Alkan, 2013). Araştırmada profil belirlemeye yönelik irdelemeler katılımcıların cinsiyet, yaş, eğitim durumu, görev yaptığı il ile sınırlı tutulmuştur (Çizelge 1). Zira, daha ayrıntılı denek tanımlamalarının yapılması durumunda ankete katılım ve/veya soruları cevaplamadaki istekliliğin azalabileceği düşünülmüştür.

Çizelge 1. Katılımcıları tanımlayan bazı özellikleri

Özellikler	Değer	Sayı	Yüzde
Cinsiyet	Kadın	28	30,10
	Erkek	65	69,90
Yaş	18-24	6	6,50
	25-35	26	28,00
	36-44	33	35,50
	45 ve üzeri	28	30,00
Eğitim	Lise	22	23,60
	Ön lisans/Lisans	58	62,40
Medeni Durum	Lisansüstü	13	14,00
	Bekâr	41	44,10
Görev Yapılan İl	Evli	52	55,90
	Manisa	22	23,70
	Aydın	28	30,10
	Muğla	28	30,10
	İzmir	15	16,10

Çizelge 1'e göre katılımcıların %30,10'u kadın ve %69,90'ı da erkektir. Anket çalışmasına 25-35 ve 36-44 yaş aralığında personelin daha fazla katılım gösterdiği görülmektedir. Katılımcıların %62,40'ı ön lisans-lisans mezunu olmakla beraber ilgili şube müdürlüklerinden katılan personel sayıları dengeli bir dağılıma sahiptir. Ankete katılanların %30,10 Aydın ve Muğla, %23,70'i Manisa, %16,10'u İzmir Şube Müdürlüklerinde görev yapmaktadır.

3.2. Ölçeklerde sunulan önermelere katılım durumları

Katılımcıların kurumsal aidiyet ölçeğine ilişkin görüşleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi kurumsal aidiyet ölçeğine ilişkin sunulan önermelere katılım oldukça iyi durumdadır. En fazla katılımın olduğu ifade 3,92 ortalama ile "*Kurumum benim fikirlerimi dikkate almaktadır.*" önermesi olmuştur. Nitekim katılımcıların %38,70'i önermeye kesinlikle katıldıklarını ifade ederken, %30,10'u katıldıklarını ifade etmiştir. Önermeye katılmayanların yüzdeleri katılmıyorum ve kesinlikle katılmıyorum seçenekleri için sırasıyla %6,50 ve %4,30'dur. Katılımcıların %20,40'ı ise önermeye ne katıldıklarını ne de katılmadıklarını ifade etmişlerdir. Katılımın yüksek olduğu ikinci önerme ise 3,83 ortalama değer ve %69,9 ile "*Kurumum benim menfaatlerimi gözetmektedir.*" önermesidir. Bunu çok yakın ortalama değer (3,82) ve %69,90 yüzde ile "*Kurumum için gösterdiğim çabalar takdir görmektedir.*" önermesi takip etmektedir. "*Kurumdaki çalışma koşullarından memnunuz*", "*Kurumumu bir aile, kendimi de ailenin bir parçası olarak görüyorum.*" önermelerine katılım durumları ortalama değer ve yüzde olarak (sayı-%) sırasıyla 3,75 (%65,6), 3,76(%64,5) şeklindedir.

Katılımcıların iş yerinde mutluluk ölçeğine ilişkin görüşleri ise Çizelge 3'teki gibidir.

İş yerinde mutluluk ölçeğine yönelik sunulan önermelere katılım ortalaması 3,60 olup; orta değer (3) üzerindedir. Katılımın en fazla olduğu önerme 3,97 ortalama ve %73,10 yüzde ile "*İşim konusunda hevesliyim.*" dir. Bunu 3,9 ortalama ve %73,10 yüzde ile "*Çalışırken kendimi işe kaptırırım*" ve 3,82 ortalama ve %65,6 yüzde ile "*İşimde kendimi güçlü ve enerjik hissediyorum*" önermeleri takip etmektedir. Öte yandan bazı önermelerde katılım düzeyi kurumsal aidiyet ölçeğindeki önermelere nazaran nispeten daha az olmuştur. Katılımın en düşük olduğu önerme orta değer olan 3'e yakın bir değerle (3,19) "*Kariyerimin geri kalanını bu kurumda geçirmekten mutlu olurum*" olmuştur. Katılımın diğer önermelere kıyasla daha düşük olduğu diğer bir ifade ise 3,30 ortalama puan ve %54,8 yüzde ile "*Aldığım ücretten memnunuz*" önermesidir.

Katılımcıların iş doyumunu ölçeğinde sunulan önermelere katılım durumları ise Çizelge 4'teki gibidir.

Çizelge 2. Kurumsal aidiyet ölçeğine ilişkin görüşler
Table 2. Views on the scale of institutional belonging

	1	2	3	4	5	Ort.	Genel ort.
1.Kurumum benim menfaatlerimi gözetmektedir	5,40	11,80	12,90	33,30	36,60	3,83	
2.Kurumum için gösterdiğim çabalar takdir görmektedir	6,50	8,60	15,10	35,50	34,40	3,82	
3.Kurumum benim fikirlerimi dikkate almaktadır	4,30	6,50	20,40	30,10	38,70	3,92	3,82
4.Kurumdaki çalışma koşullarından memnunum	6,50	14,00	14,00	29,00	36,60	3,75	
5.Kurumumu bir aile, kendimi de ailenin bir parçası olarak görüyorum	6,50	10,80	18,30	29,00	35,50	3,76	

1: kesinlikle katılmıyorum 2: katılmıyorum 3: kararsızım 4: katılıyorum 5: kesinlikle katılıyorum

Çizelge 3. İş yerinde mutluluk ölçeğine ilişkin görüşler
Table 3. Opinions on the happiness scale at work

	1	2	3	4	5	Ort.	Genel ort.
1.İşimde kendimi güçlü ve enerjik hissediyorum	2,20	7,50	24,70	36,60	29,00	3,82	
2.İşim konusunda hevesliyim	1,10	7,50	18,30	38,70	34,40	3,97	
3.Çalışırken kendimi kaptırıyorum	2,20	5,40	19,40	39,80	33,30	3,96	
4.Yaptığım işin doğasından memnunum	14,00	8,60	11,80	37,60	28,00	3,56	
5.Aldığım ücretten memnunum	16,10	14,00	15,00	33,30	21,50	3,30	3,60
6.Çalıştığım kurumdaki terfi olanaklarından memnunum	14,00	8,60	14,00	25,80	37,60	3,64	
7.Kariyerimin geri kalanını bu kurumda geçirmekten mutlu olurum	11,80	24,70	20,40	18,30	24,70	3,19	
8.Çalıştığım kuruma duygusal olarak bağlı olduğumu hissediyorum	7,50	17,20	15,10	30,10	30,10	3,58	
9.Çalıştığım kuruma dair güçlü bir aidiyet hissediyorum	14,00	15,10	17,20	24,70	29,00	3,39	

1: kesinlikle katılmıyorum 2: katılmıyorum 3: Kararsızım 4: katılıyorum 5: kesinlikle katılıyorum

Çizelge 4. İş doyumu ölçeğine ilişkin görüşler
Table 4. Opinions on job satisfaction scale

	1	2	3	4	5	Ort.	Genel ort.
1.Beni her zaman meşgul etmesi bakımından	14,00	15,10	23,70	20,40	26,90	3,31	
2.Bağımsız çalışma imkânının olması bakımından	11,80	0	17,20	32,30	38,70	3,97	
3.Ara sıra değişik şeyler yapabilme imkânı bakımından	2,20	5,40	11,80	37,60	43,00	4,13	
4.Toplumda "saygın bir kişi" olma şansını bana vermesi bakımından	7,50	8,60	12,90	25,80	45,20	3,92	
5.Yöneticinin emrindeki kişileri iyi yönetmesi bakımından	4,30	11,80	19,40	28,00	36,60	3,80	
6.Yöneticinin karar verme yeteneği bakımından	15,10	16,10	18,30	24,70	25,80	3,30	
7.Vicdani bir sorumluluk taşıma şansını bana vermesi yönünden	3,20	8,60	18,30	33,30	44,10	4,06	
8.Bana garantili bir gelecek sağlaması yönünden	1,10	7,50	18,30	35,50	37,60	4,01	
9.Başkaları için bir şeyler yapabildiğimi hissetmem yönünden	15,10	17,20	23,70	22,60	21,50	3,18	
10.Kişileri yönlendirmek için fırsat vermesi yönünden	3,20	12,90	30,10	29,00	24,70	3,59	
11.Kendi yeteneklerimle bir şeyler yapabilme şansı vermesi yönünden	6,50	10,80	20,40	26,90	35,50	3,74	3,61
12.İşimle ilgili alınan kararların uygulamaya konması yönünden	15,10	5,40	19,40	33,30	26,90	3,51	
13.Yaptığım iş karşılığında aldığım ücret yönünden	9,70	18,30	21,50	19,40	31,20	3,44	
14.Terfi imkânının olması yönünden	15,10	18,30	20,40	21,50	24,70	3,22	
15.Kendi fikirlerimi rahatça kullanma imkânı vermesi yönünden	2,20	14,00	15,10	30,10	38,70	3,89	
16.Çalışma şartları yönünden	8,60	22,60	18,30	30,10	20,40	3,31	
17.Çalışma arkadaşlarının birbirleriyle anlaşmaları yönünden	12,90	15,10	28,00	28,00	16,10	3,19	
18.Yaptığım iş karşılığında takdir edilmem yönünden	11,80	15,10	21,50	17,20	34,40	3,47	
19.Yaptığım iş karşılığında duyduğum başarı hissi yönünden	7,50	10,80	11,80	21,20	38,70	3,82	
20.Mesleğimi yaparken kendi yöntemlerimi kullanabilme imkânı vermesi açısından	10,80	12,90	26,90	26,90	22,60	3,37	

1: Hiç tatmin edici değil 2: tatmin edici değil 3: ne tatmin edici ne değil 4: tatmin edici 5: son derece tatmin edici

Katılımcıların iş doyumu düzeyleri genel olarak ortalamanın üzerinde (3,61)'dir. Puanı 3'ün altında olan önerme bulunmamaktadır. Dolayısıyla tüm önermelere katılım sağlandığı söylenebilir. Katılımın fazla olduğu ifade %77,60 yüzde ve 4,13 ortalama puan ile "Ara sıra değişik şeyler yapabilme imkânı bakımından" önermesidir. Katılımın en az olduğu ifadeler ise "Başkaları için bir şeyler yapabildiğimi hissetmem yönünden" (3,18) ve "Çalışma arkadaşlarının birbirleriyle anlaşmaları yönünden" (3,19) önermeleri olmuştur.

3.3. Araştırma modeline ilişkin bulgular

Ölçeklere ilişkin tanımlayıcı bulgular Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5'te ölçeklere ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler verilmiştir. Ölçeklerin çarpıklık ve basıklık katsayıları incelendiğinde +1/-1 aralığında yer aldığı görülmektedir. Bu

durum ölçeklerin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir.

Araştırma kapsamında kullanılan ölçekler olan KAB, İYM ve İD arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olup olmadığının belirlenebilmesi amacıyla yapılan korelasyon analizinin bulguları Çizelge 6'da verilmiştir. Buna göre kurumsal aidiyet bilinci, iş yerindeki mutluluk ve iş doyumu arasındaki ilişki 0,01 düzeyinde anlamlı ve pozitifdir.

Kurumsal aidiyet ölçeği faktör analizi bulguları ise Çizelge 7'deki gibidir.

Çizelge 7'de görüldüğü gibi KAB ölçeği tek faktörlü yapıdan oluşmaktadır. Ölçeğin faktör yükleri 0,492-0,808 arasında yer almaktadır. Ölçeğe ilişkin KMO değeri 0,839, Cronbach's Alpha katsayısı 0,867 ve AVO %66,277 olarak bulunmuştur. KAB için DFA modeli Şekil 2'deki gibi oluşturulmuştur.

Çizelge 5. Tanımlayıcı istatistik bulguları
Table 5. Descriptive statistics findings

	Min.	Max.	St.Hata	Çarpıklık	Basıklık
KAB	1,40	5,00	0,969	-0,849	-0,269
İYM	1,00	5,00	0,787	-0,819	0,560
İD	1,90	4,90	0,662	-0,400	-0,374

Çizelge 6. Korelasyon analizi bulguları
Table 6. Correlation analysis findings

		KAB	İYM	İD
KAB	Pearson Correlation p (Çift yönlü) N	1 93		
İYM	Pearson Correlation p (Çift yönlü) N	0,684** 0,000 93	1 93	
İD	Pearson Correlation p (Çift yönlü) N	0,728** 0,000 93	0,745** 0,000 93	1 93

**p<0,01.

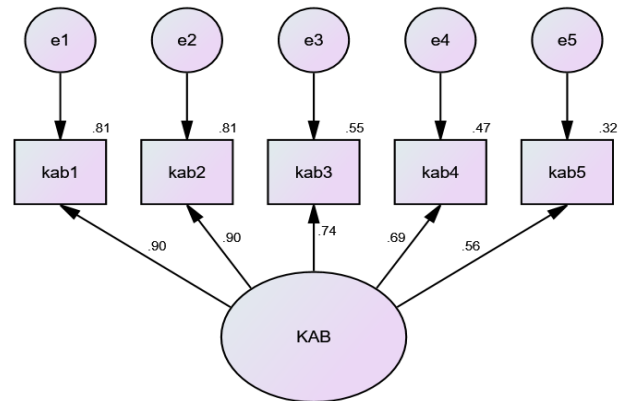
Çizelge 7. Kurumsal aidiyet ölçeği faktör analizi bulguları
Table 7. Institutional belonging scale factor analysis findings

İfadeler	Madde yükleri KAB
Kurumsal aidiyet Ölçeği	
1.Kurumum benim menfaatlerimi gözetmektedir.	0,807
2.Kurumum için gösterdiğim çabalar takdir görmektedir.	0,808
3.Kurumum benim fikirlerimi dikkate almaktadır.	0,679
4.Kurumdaki çalışma koşullarından memnunum.	0,592
5.Kurumumu bir aile, kendimi de ailenin bir parçası olarak görüyorum.	0,492
KMO; 0,839 α : 0,867 AVO;%66,277 AVE; 0,47 CR; 0,81	

Kurumsal aidiyet bilinci ölçeği doğrulayıcı faktör analizi bulgularına göre ölçeğin tüm önermeleri 0,05 düzeyinde anlamlı olarak bulunmuştur. Önermelerin standardize regresyon katsayıları 0,564-0,901 aralığında yer almaktadır. Doğrulayıcı faktör analizi uyum indeks değerleri χ^2/sd ;1,211 GFI;0,976 CFI;0,996 RMSEA;0,048 SRMR;0,0327 olarak tespit edilmiştir. Buna göre uyum indeks değerlerinin mükemmel bir uyum gösterdiği söylenebilir. İYM ölçeği faktör analizi bulguları Çizelge 8’de ve DFA modeli ise Şekil 3’te verilmiştir.

Çizelge 8’de görüldüğü gibi İYM ölçeği iki faktörlü yapıdan oluşmaktadır. Ölçekte yer alan 3. madde binişik değer olduğu için ölçekten çıkarılmıştır. Ölçeğin varimax yöntemiyle döndürülmüş faktör yükleri 0,628-0,895 arasında yer almaktadır. Ölçeğe ilişkin KMO değeri 0,744, Cronbach’s Alpha katsayısı 0,808 ve AVO %59,587 olarak bulunmuştur.

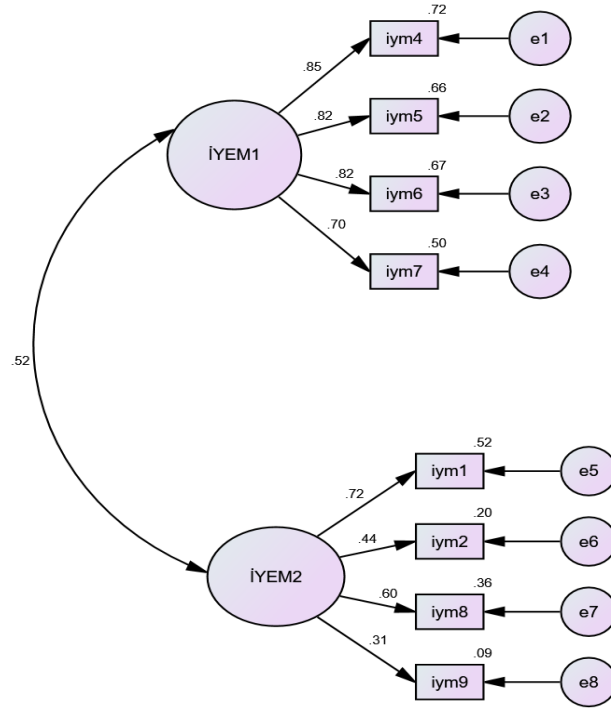
İş yerindeki mutluluk ölçeği doğrulayıcı faktör analizi bulgularına göre ölçeğin tüm önermeleri 0,05 düzeyinde anlamlıdır. Önermelerin standardize regresyon katsayıları 0,306-0,851 aralığında yer almaktadır. Doğrulayıcı faktör analizi uyum indeks değerleri χ^2/sd ;1,939 GFI;0,919 CFI;0,928 RMSEA;0,10 SRMR;0,0577 olarak tespit edilmiştir. Buna göre uyum indeks değerlerinin mükemmel uyum gösterdiği söylenebilir. Çizelge 9’da İD ölçeği faktör analizi bulguları verilmiştir.



Şekil 2. KAB ölçeği DFA modeli
Figure 2. CAB scale CFA model

Çizelge 8. İş yerinde mutluluk ölçeği döndürülmüş faktör analizi bulguları
Table 8. Findings of rotated factor analysis of happiness scale at work

İfadeler	Madde Yükleri	
	İYM1	İYM2
İş yerinde mutluluk ölçeği		
4.Yaptığım işin doğasından memnunum	0,895	
5.Aldığım ücretten memnunum	0,867	
6.Çalıştığım kurumdaki terfi olanaklarından memnunum	0,820	
7.Kariyerimin geri kalanını bu kurumda geçirmekten mutlu olurum	0,746	
1.İşimde kendimi güçlü ve enerjik hissediyorum.		0,685
2.İşim konusunda hevesliyim.		0,628
8.Çalıştığım kuruma duygusal olarak bağlı olduğumu hissediyorum		0,664
9.Çalıştığım kuruma dair güçlü bir aidiyet hissediyorum.		0,637
KMO; 0,744 α : 0,808 AVO;%59,587		



Şekil 3. İYM ölçeği DFA modeli
Figure 3. WPH scale CFA model

Çizelge 9. İş doyumu ölçeği döndürülmüş faktör analizi bulguları

Table 9. Job satisfaction scale rotated factor analysis findings

İfadeler	Madde Yükleri		
	İD1	İD2	İD3
İş yerinde mutluluk ölçeği			
6.Yöneticinin karar verme yeteneği bakımından	0,813		
9.Başkaları için bir şeyler yapabildiğini hissetmem yönünden	0,674		
14.Terfi imkânının olması yönünden	0,713		
18.Yaptığım iş karşılığında takdir edilmem yönünden	0,752		
20.Mesleğimi yaparken kendi yöntemlerimi kullanabilme imkânı vermesi açısından	0,709		
1.Beni her zaman meşgul etmesi bakımından		0,578	
2.Bağımsız çalışma imkânının olması bakımından		0,652	
3.Ara sıra değişik şeyler yapabilme imkânı bakımından		0,759	
4.Toplumda "saygın bir kişi" olma şansını bana vermesi bakımından		0,720	
5.Yöneticinin emrindeki kişileri iyi yönetmesi bakımından		0,773	
8.Bana garantili bir gelecek sağlaması yönünden		0,517	
11.Kendi yeteneklerimle bir şeyler yapabilme şansı vermesi yönünden			0,695
12.İşimle ilgili alınan kararların uygulamaya konması yönünden			0,781
13.Yaptığım iş karşılığında aldığım ücret yönünden			0,724
KMO; 0,760 α : 0,868 AVO;%59,507			

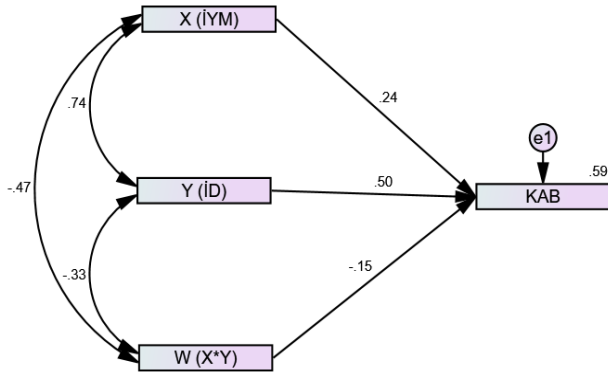
İş doyumu ölçeği faktör analizi sonucunda faktör yükü 0,30'un altında olan 16 ve 17. maddeler ve binişik değer olan 7, 10, 15 ve 19. maddeler ölçekten çıkarılarak analiz tekrar edilmiştir. Çizelge 5'te görüldüğü üzere 3 faktörlü yapıya sahip iş doyumu ölçeği elde edilmiştir. Ölçeğin varimax yöntemiyle döndürülmüş faktör yükleri 0,517-0,813 arasında yer almaktadır. Ölçeğe ilişkin KMO değeri 0,760, Cronbach's Alpha katsayısı 0,868 ve AVO %59,507 olarak bulunmuştur. İD ölçeği DFA modeli Şekil 4'te verilmiştir.

İş doyumu ölçeği doğrulayıcı faktör analizi bulgularına göre ölçeğin tüm örnekleri 0,05 düzeyinde anlamlı olarak bulunmuştur. Önermelerin standardize regresyon katsayıları 0,332-0,867 aralığında yer almaktadır. Doğrulayıcı faktör analizi uyum indeks değerleri χ^2/sd ;1,894 GFI;0,837 CFI;0,855 RMSEA;0,099 SRMR;0,0965 olarak tespit

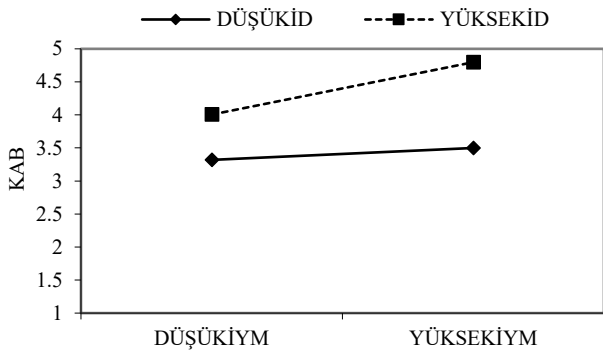
edilmiştir. Buna göre uyum indeks değerlerinin kabul edilebilir sınır aralığında olduğu söylenebilir.

Araştırmada düzenleyici etki analizine ilişkin YEM modeli kurulmadan önce değişkenlere regresyon analizi uygulanmıştır. İlk önce bağımsız değişken (İYM)'nin bağımlı değişken (KAB) üzerindeki etkisi incelenmiştir. Daha sonra moderatör değişken (İD) ile birlikte bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin ortaya koyulması amacıyla regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizi bulguları Çizelge 10 ve Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 10 ve Çizelge 11'de regresyon analizinde Model 1 incelendiğinde İYM'nin KAB üzerinde anlamlı ve pozitif etkisinin olduğu görülmektedir (p ; 0,000 R^2 ; 0,575). Model 2 'de analize düzenleyici değişkeni (W) de dâhil edildiğinde anlamlı ve pozitif etkinin devam ettiği görülmektedir. Ancak



Şekil 5. Düzenleyici etki istatistiksel modeli
Figure 5. Statistical model of moderator effect



Şekil 6. Etkileşim etki grafiği
Figure 6. Interaction effect graph

Çizelge 12. Düzenleyici etki yol analizi bulguları
Table 12. Regulatory impact path analysis findings

			Tahmin	S.E.	C.R.	P	St. reg. katsayıları
KAB	<---	ZİYM (X)	0,235	0,103	2,277	0,023	0,243
KAB	<---	ZİD (Y)	0,481	0,097	4,98	***	0,496
KAB	<---	W	-0,114	0,056	-2,037	0,042	-0,153

P<0,05

4. Tartışma ve sonuç

Araştırma bulgularına göre kurumsal aidiyet ölçeğinde yer verilen tüm önermelere katılım (3,82) orta değer olan 3'ün üzerindedir. Ortalaması 3'ün altında bulunan önerme bulunmamaktadır. Dolayısıyla personelin kurumsal aidiyet bilincinin varlığından söz etmek mümkündür. İş yerinde mutluluk ölçeği kapsamında yer verilen bazı önermelere katılım bir önceki ölçeğe nazaran nispeten düşük olsa da önermelere katılım ortalama ve yüzdelere göre katılımcıların iş yerinde mutlu oldukları söylenebilir. İş doyum ölçeği önermelerine katılım iyi düzeydedir (3,61). Başka bir ifadeyle katılımcıların iş doyumları yüksek düzeydedir. Çalışanların aldıkları ücret, kariyer olanakları, çalışma ortamı şartları, başarının takdir edilmesi/ödüllendirilmesi, vb. hususlar kurumsal aidiyet bilincini, iş doyumunu ve iş yerindeki mutluluğunu etkileyen etmenlerdir. İş doyumunu yüksek, işyerinde mutlu ve kurumsal aidiyete sahip kişilerin ise işine karşı olumlu bir tavra sahip olması beklenir. Literatürde benzer bulgulara sahip

araştırmalar bulunmaktadır. Korkmaz ve Baykal (2018)'e göre iş doyumunu ücret, çalışma koşulları, iş yeri arkadaşlığı ve takdir edilme gibi unsurlardan etkilenmektedir. İş doyumunu ile örgütsel bağlılık arasında ise pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Alkan (2018)'e göre örgütsel bağlılık; fazla iş yükü, düşük ücret ve liyakatsiz atama-yükseltmelerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Çakır ve Gözoğlu (2019) çalışmalarında algılanan kurumsal itibarın iş performansını pozitif, işten ayrılma niyetini ise negatif olarak etkilediğini saptamışlardır. Koçoğlu (2015)'e göre akademisyenlerin iş tatmin düzeyleri yüksek olup iş tatmin düzeyleri; yaş grubu, akademik unvan ve çalıştığı birime göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir. Öte yandan araştırmada kurum kültürü, iş performansı ve iş tatmini arasında pozitif bir ilişki olup, çalışanlar tarafından kurum kültürünün kabul edilmesi performans ve iş doyumunu olumlu olarak etkilediği belirtilmektedir (Khan vd., 2024).

Araştırmada H_1 ve H_2 hipotezleri desteklenmesi değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Araştırma bulgularına göre; iş yeri mutluluğu ile kurumsal aidiyet bilinci arasında ve iş doyumunu ile kurumsal aidiyet bilinci arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusudur. Ayrıca iş yeri mutluluğu, iş doyumunu ve kurumsal aidiyet bilinci arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,01$) ve pozitif bir ilişkinin olduğu ortaya koyulmuştur. Literatürde benzer şekilde, iş stresinin iş gören performansı üzerinde kurumsal aidiyet bilincinin düzenleyici etkiye sahip olduğunu (Canbolat, 2023) yeşil insan kaynakları yönetimi ile sürdürülebilir performans arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki olduğunu ayrıca bu ilişkide çalışan refahı ve işe katılımın kısmi aracı etkiye sahip olduğunu (Martínez-Falcó vd., 2024) çalışanların sosyal sorumluluk algılarının iş performansı ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu ve bu ilişkinin yeterlilik ve örgütsel özdeşleşme tarafından da desteklendiğini (Guo vd., 2024) kurumsal aidiyet bilinci yüksek çalışanın değişime ve yeniliklere açık olmasını olumlu etkilediğini ayrıca örgütsel değişimin sağlanmasında etkili bir unsur olduğunu (Öztop, 2014) DKMPGM personelinin rol belirsizliği ile iş doyumunu arasında negatif yönlü, rol çatışması ile iş doyumunu arasında negatif yönlü ve rol belirsizliği ile tükenmişlik arasındaki pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu (Topaloğlu, 2017) ortaya koyan araştırmalar bulunmaktadır.

Araştırmada yapılan regresyon analizi bulgularına bakıldığında İYM ve İD bağımsız değişkenlerinin KAB bağımlı değişken üzerinde anlamlı ve pozitif etkisinin bulunduğu görülmektedir. Çoklu regresyon analizi ile İYM ve İD değişkenlerinin çarpımından elde edilen moderatör değişkeni analize dahil edildiğinde anlamlılığın devam ettiği ve R^2 değerinde bir değişim, bir artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca analizde elde edilen tolerans ve VIF değerleri çoklu bağlantı probleminin olmadığını ortaya koymaktadır. Bu bulgular ışığında regresyon analizi ile düzenleyicilik etkisinin varlığı ortaya koyulmuş ve düzenleyici etkinin detaylı incelenmesine ilişkin oluşturulan yol analizi ile iş yeri mutluluğu ile kurumsal aidiyet bilinci arasındaki ilişkide iş doyumunun düzenleyici bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (H_3 hipotezi desteklenmiştir).

Literatürde değişkenler arasındaki ilişki incelenirken daha çok aracı etkinin araştırıldığı görülmektedir. Gültekin (2022) kamu sektöründeki orman mühendisleri üzerinde yaptığı araştırmada iş tatmini ve örgütsel bağlılık arasında

doğrudan pozitif etkinin olduğunu çalışma koşulları ve işten ayrılma niyetlerinin aracı etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir. Ma vd. (2024) yaptıkları araştırmada uyumlu bir çalışma ortamının algılanan aşırı niteliklilik ile çalışan yenilikçi davranış ve yaratıcı öz güven ile çalışan yenilikçi davranış arasındaki bağlantıda düzenleyici bir rol oynadığını saptamışlardır. Ayrıca Xing vd. (2023) yaptıkları araştırmada iş tatmininin işten ayrılma niyeti üzerinde önemli etkisi olduğunu ve iş motivasyonunun işten ayrılma niyeti üzerindeki etkisinde iş tatmininin aracı rolü üstlendiğini tespit etmişlerdir. Yıldız ve Demirtaş, (2022) etik liderliğin iş performansını pozitif yönde etkilediğini ve örgütsel aidiyetin ise düzenleyici etkiye sahip olmadığını ortaya koymuşlardır. Gümüş vd. (2024) iş motivasyonunun iş tatmini üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkisinin olduğunu Erselcan ve Süral Özer (2018) ise işte mutluluğun çalışan performansını pozitif olarak etkilediğini ve iş doyumu ile çalışan performansı arasında tam aracı rolü üstlendiğini tespit etmişlerdir.

Literatürdeki diğer araştırmalara bakıldığında, kişi ile örgüt uyumu ve iş performansı arasında mutluluğun kısmi aracı etkisi gösterdiğini (Cindiloğlu Demire, 2019) Çin’de bir yükseköğretim kurumunda yapılan araştırmada psikolojik refah ve örgütsel iklimin iş memnuniyeti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkiye sahip olduğunu ve örgütsel iklim ile iş memnuniyeti arasında psikolojik refahın aracılık etkiye sahip olduğunu (Yiming vd., 2024) ortaya koyan benzer bulgulara sahip araştırmalar bulunmaktadır.

Araştırma bulguları çalışma alanı olan DKMP4BM ve bağlı şube müdürlükleri kapsamında değerlendirildiğinde ölçeklerde yer verilen ve ortalamaları 3’ün üzerinde olmasına rağmen diğerlerine nazaran daha düşük olan önermeler arasında yer alan; ücretin yapılan işle uyumlu olması, çalışma ortamı refahının artırılması, başarının takdir edilmesi, kariyer olanaklarının tanımlanmış olması, vb. hususlara yönelik çalışmaların yapılması personelin İş yeri mutluluğunu, iş doyumunu ve kurumsal aidiyet bilincini olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmaların kurum performansına da olumlu katkı sağlaması beklenmektedir.

Kaynaklar

- Aiken, L.S., West, S.G., 1991. Çoklu regresyon: etkileşimlerin test edilmesi ve yorumlanması. Newbury Park, Sage, Londra.
- Akyol, A., Hakverdi, A.E., Türkoğlu, T., 2022. Orman mühendislerinin iş doyumunu etkileyen faktörler. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(1): 310-326.
- Akyüz, K.C., Koçak, S., Balaban, Y., Yıldırım, İ., Gedik, T., 2011. Çalışanların iş tatmin düzeylerinin incelenmesi (Muğla Orman Bölge Müdürlüğü Örneği). *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 12: 20-26.
- Alkan, H., 2013. Ormancılık ve orman ürünleri programı öğrencilerine yönelik bir araştırma. *SDÜ Orman Fakültesi*, 14: 88-94.
- Alkan, H., 2018. Örgütsel bağlılık, sinizm, yabancılaşma ve ormancılık örgütleri. *Turkish Journal of Forestry*, 19(3): 265-274. DOI: 10.18182/tjf.447275
- Anderson, J.C., Gerbing, D.W., 1984. The effect of sampling error on convergence, improper solutions, and goodness-of-fit indices for maximum likelihood confirmatory factor analysis. *Psychometrika*, 49(2): 155-173.
- Bal, J., Gundry, J., 1999. Virtual teaming in the automotive supply chain team performance management. *An International Journal*, 5 (6): 174-193.
- Bilginoglu, E., Yozgat, U., 2020 İşyerinde mutluluk ölçeği Türkçe formunun geçerlilik ve güvenilirlik çalışması. *Journal of Yasar University*, 15(Special Issue): 201-206.
- Büyüköztürk, Ş., 2002. Faktör Analizi: Temel Kavramlar Ve Ölçek Geliştirmede Kullanımı. Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi. 32: 470-483.
- Büyüköztürk, Ş., 2012. Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı. Pegem Akademi Yayınları, Ankara.
- Canbolat, M.A., 2023. İş stresinin işgören performansına etkisinde kurumsal aidiyetin düzenleyici rolü. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 13(4): 2435-2448. <https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.1308035>
- Cattell, R., 1978. The Scientific Use Of Factor Analysis. Plenum, New York.
- Cindiloğlu Demire, M., 2019. Kişi örgüt uyumunun iş performansı üzerine etkisi: mutluluğun aracılık rolü. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(1): 283-302.
- Çakır, A., Gözoğlu, Ö.F., 2019. Algılanan kurumsal itibarın iş performansı ve işten ayrılma niyetine etkisi: Şanlıurfa ili konaklama işletmeleri üzerine bir araştırma. *Econharran*, 3(4): 46-71.
- Çalışkan, A., Akkoç, İ., Turunç, Ö., 2011. Örgütsel performansın artırılmasında motivasyonel davranışların rolü: yenilikçilik ve girişimciliğin aracılık rolü. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(3): 363-401.
- Çok, N., Göksu, E., Doğaner, A., Kalkan, B., Özden, G., 2017. Elazığ orman bölge müdürlüğü çalışanlarının iş doyumunu ve bazı bireysel özelliklerinin iş doyumuna etkisi. *Turkish Journal of Forest Science*, 1(2): 155-168.
- Daşdemir, İ., Ağdaş Okul, A., 2019. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü çalışanlarının iş doyumunu etkileyen faktörler. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(3): 873-883.
- Dawson, J.F., Richter, A.W., 2006. Yönetilen çoklu regresyonda üç yönlü etkileşimlerin araştırılması: eğitim farkı testinin geliştirilmesi ve uygulanması. *Uygulamalı Psikoloji Dergisi*, 91: 917-926.
- Dawson, J.F., 2014. Yönetim araştırmasında moderasyon: ne, neden, ne zaman ve nasıl. *İşletme ve Psikoloji Dergisi*, 29: 1-19.
- Demirtaş, Z., Çağan, H., 2021. Öğretmenlerin örgütsel çekicilik ile iş doyumunu algıları arasındaki ilişki. *Elektronik Eğitim Bilimleri Dergisi*, 10(20): 295-309.
- Enez, K., Bulut, H., 2022. Teknik personelin iş memnuniyet düzeylerinin değerlendirilmesi: Elazığ Orman Bölge Müdürlüğü örneği sonuçları. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(1): 161-173.
- Eroğlu, A., 2008. Faktör analizi. SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri (Ed., Kalaycı, Ş.) Asil Yayın Dağıtım, Ankara, s: 321-331.
- Erselcan, R.C., Süral Özer, P., 2018. İş doyumunun performansa etkisinde mutluluğun aracılık rolü üzerine bir araştırma. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 13(2): 148-165.
- Field, A., 2000. Discovering statistics using SPSS for Windows. Sage Publications, New Delhi.
- Fisher, C.D., 2010. Happiness at work. *International Journal of Management Reviews*, 12: 384-412. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2009.00270.x>
- Gujarati, D.N., 2004. Basic Econometrics, Fourth Edition, The McGraw-Hill Companies, New York.
- Guo, Q., Shen, H., Fan, D.X.F., Buhalis, D., 2024. CSR influence on job performance: the roles of psychological needs fulfillment and organizational identification among tourism firms. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 36(5): 1665-1689. <https://doi.org/10.1108/IJCHM-09-2022-1180>
- Gültekin, Y.S., 2022. Türkiye’de kamu sektörü orman mühendislerinin iş tatmini ile örgütsel bağlılığı arasındaki ilişkide aracılık rollerinin modellenmesi. *Journal of Forest Researcher*, 27(4): 255-264. <https://doi.org/10.1080/13416979.2022.2028706>
- Gümüş, A., Çelik, M.Ş., Karahan, K.S., 2024. İş motivasyonunun iş tatminine etkisi. *Turkish Business Journal*, 5(10): 144-157. <https://doi.org/10.51727/tbj.1589925>
- Harrington, D., 2009. Confirmatory factor analysis. Oxford University Press, New York, pp. 21-35.
- Hashim, R.A., Mahmood, R., 2011. What is the state of job satisfaction among academic staff at Malaysian universities?, *Universiti Tun Abdul Razak E-Journal*, 7: 15-26
- Hayes, A., 2013. Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis A Regression-Based Approach. Guilford Publications. New York.
- Henson, R.K., Roberts, J.K., 2006. Use of exploratory factor analysis in published research: common errors and some comment on improved practice. *Educational and Psychological Measurement*, 66: 393-416.

- Hum, S.H., Leow, L.H., 1996. Strategic manufacturing effectiveness; an empirical study based on the hayes-wheelwright framework. *International Journal of Operations and Production Managements*, 16 (4): 4-18.
- İzğören, Ş.A., 1999. İş yaşamında 100 kanguru. *Academyplus Yayınları*, Ankara.
- Jackson, D.L., 2001. Sample size and number of parameter estimates in maximum likelihood confirmatory factor analysis: A Monte Carlo investigation. *Structural Equation Modeling*, 8: 205-223.
- Karasar, N., 2005. *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Khan, W.A., 1990. Psychological conditions of personal engagement and disengagement at work. *Academy of Management Journal*, 33: 692-724.
- Keskin, N., Koraltan, A., Öztürk, Ö., 2010. Pamukkale üniversitesi buldan myo öğrenci profili. *Ulusal MYO Öğrenci Sempozyumu*, 21-22 Ekim, Düzce
- Khan M.A., Husain S., Minhaj S.M., Ali, M.A., Helmi, A.M., 2024. To explore the impact of corporate culture and leadership behaviour on work performance, mental health and job satisfaction of employees: An empirical study. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(11): 6417. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i11.6417>
- Kline, P., 1994. *An Easy Guide To Factor Analysis*. Routledge, Newyork.
- Koçoğlu, C.M., 2015. Akademik personelin iş tatmin düzeylerinin ölçülmesi. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 5(13): 16-35.
- Korkmaz, M., Baykal, G.D.Ö., 2018. Kadın orman mühendislerinde iş doyumunu etkileyen faktörler ile iş doyum ve örgütsel bağlılık arasındaki ilişki. *Turkish Journal of Forestry*, 19(1): 83-90. DOI: 10.18182/tjf.400667
- Leong, C., Furnham, A., Cooper, C., 1996. The moderating effect of organizational commitment on the occupational stress outcome relationship. *Human Relations*, 49(10): 1345-1363.
- Ma, X., Khattak, A., Ghani, B., Huo, M., 2024. Perceived overqualification in higher education institutions: Enhancing employee innovative behavior via creative self-confidence and harmonious workplace climate. *Current Psychology*, 43: 9826-9837. <https://doi.org/10.1007/s12144-023-05139-2>
- Martínez-Falcó, J., Sánchez-García, E., Marco-Lajara, B. Millan Tudela, L., 2024. Enhancing employee wellbeing and happiness management in the wine industry: unveiling the role of green human resource management. *BMC psychology*, 12: 203, <https://doi.org/10.1186/s40359-024-01703-y>
- Melior, D., Stokes, M., Firth, L., Hayashi, Y., Commings, R., 2008. Need for belonging, relationship satisfaction, loneliness and life satisfaction. *Personality and Individual Differences*, 45: 213-218.
- Meydan, C.H., Şeşen, H., 2015. Yapısal Eşitlik Modellemesi Amos Uygulamaları. *Detay Yayıncılık*, Ankara.
- Neale, M.N., Liebert, R.M., 1980. *Science And Behavior: An Introduction To Methods Of Research*. Prentice Hall International, Paris.
- Pryce-Jones, J., 2010. Happiness at work: Maximizing your psychological capital for success. *Wiley-Blackwell*, United Kingdom.
- Pryce-Jones, J., 2011. *Happiness at Work: Maximizing Your Psychological Capital for Success*, John Wiley & Sons.
- Quarstein, V.A., McAfee, R.B., Glassman, M., 1992. The situational occurrences theory of job satisfaction. *Human Relations*, 45(8): 859-873. doi: 10.1177/001872679204500806
- Robbins, S.P., Judge, T.A., 2013. *Organizational Behavior*. 15. Basım Pearson, Boston.
- Rodríguez-Carvajal, R., Moreno-Jiménez, B., de Rivas-Hermosilla, S., Álvarez-Bejarano, A. ve SanzVergel, A.I., 2010. Positive psychology at work: mutual gains for individuals and organizations. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, 26 (3): 235
- Özdamar, K., 2002. *Paket programlar ile istatistiksel veri analizi*, Kaan Kitabevi. Ankara.
- Öztop, S., 2014. Kurumsal aidiyet bilincinin çalışanların örgütsel değişim algısı üzerinde etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1): 299-316.
- Salas-Vallina, A., ve Alegre Vidal, J., 2018. Happiness at work: Developing a shorter measure. *Journal of Management & Organization*, 27(3): 1-21
- Sevinç, İ., 2022. Din görevlilerinin kurumsal aidiyet algısı ile iş performansları arasındaki ilişki. *Kocatepe İslami İlimler Dergisi*, 5(2): 249-274. <https://doi.org/10.52637/kiid.1174725>
- Schermelleh, E.K., Moosbrugger, H., 2003. Evaluating the fit of structural equation models: tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research Online*, 8(2): 23-74.
- Shevlin, M., Bailey, F., Adamson, G., 2000. Examining the factor structure and sources of differential functioning of the Eysenck Personality Questionnaire Revised-Abbreviated. *Personality and Individual Differences*, 32(3): 479-487.
- Simon, D., Kriston, L., Loh, A., Spies, C., Scheibler, F., Wills, C., Härter, M., 2010. Confirmatory factor analysis and recommendations for improvement of the Autonomy-Preference-Index (API). *Health Expectations*, 13(3): 234-243. doi: 10.1111/j.1369-7625.2009.00584.x.
- Tiryaki, T., 2005. Örgüt kültürünün örgütsel bağlılık üzerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Testa, M., 2001. Organizational commitment, job satisfaction, and effort in the service environment. *The Journal of Psychology*, 135(2): 226-236.
- Topaloğlu, G., 2017. Doğa koruma ve milli parklar genel müdürlüğü personelinin rol çatışması ve rol belirsizliğinin tükenmişlik ve iş tatmini üzerine etkilerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Uygur, A., 2009. *Örgütsel Bağlılık ve İşe Bağlılık*. Barış Platin Yayınevi, Ankara.
- Yazıcıoğlu, Y., Erdoğan, S., 2004. *SPSS Uygulamalı Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Vroom, V.H., 1964. *Work And Motivation*. CA: Jossey-Bass, San Francisco.
- Yıldız, A. T., Demirtaş, Ö., 2022. Sağlık işletmelerinde etik liderliğin dile getirme davranışları aracılığıyla iş performansına etkisi: örgütsel aidiyetin düzenleyici rolü. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 12(3): 1334-1346. <https://doi.org/10.30783/nevsosbil.1140486>
- Yılmaz, E., Daşdemir, İ., Erpulat, M., Alkan, S., Güler, K., Koşdemir, Z., 2020. Batı Akdeniz bölgesi orman işletme şeflerinin iş yükü analizi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 7(1): 31-48. DOI: <https://doi.org/10.17568/ogmoad.589351>
- Yiming, L., Yan, L., Jinsheng, Z., 2024. Effects of organizational climate on employee job satisfaction and psychological well-being: the role of technological influence in Chinese higher education. *BMC psychology*, 12: 536. <https://doi.org/10.1186/s40359-024-01992-3>
- Yurdakul Erol, S., Köse, M., 2017. Ormanlık teknik personelin iş memnuniyeti: İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü Örneği. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1): 273-286.
- Wasti, S. A., 2002. Affective and continuance commitment to the organization: test of an integrated model in the turkish context. *International Journal of Intercultural Relations*, 26(5): 525-550.
- Weiss, D. J., Dawis, R. W., England, G. W., Lofquist, L. H., 1967. *Manual for the Minnesota Satisfaction Questionnaire*. <http://vpr.psych.umn.edu/assets/pdf/Monograph%20XXII%20-%20Manual%20for%20the%20MN%20Satisfaction%20Questionnaire.pdf>, Erişim: 04.04.2024
- Wolf, E.J., Harrington, K.M., Clark, S.L., Miller, M.W., 2013. Sample size requirements for structural equation models: An evaluation of power, bias, and solution propriety. *Educational and Psychological Measurement*, 73(6): 913-934.
- Xing, M., Aigbogun, O., Prabhakaran, S., 2023. The influence of work motivation on the turnover intention of higher vocational graduates through the mediating role of job satisfaction in Shandong China. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 13(11): 2474-2484.

Rutubete dayanıklı P5 tipi yonga levhaların bazı özellikleri üzerine melamin üre formaldehit (MUF) reçinesinin etkisi

Mehmet Erdal Kara^{a,*} 

Öz: Bu çalışmada, yonga levhaların su ve neme karşı direnç özelliklerini iyileştirmek için özel olarak üretilen melamin üre formaldehit (MUF) reçinesinin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla hazırlanan yonga taslağının tam kuru yonga ağırlığına oranla üst tabakada %13, orta tabakada dört farklı oranda (%9,5, %10, %10,5, %,11) katı madde içeriği %62 olan MUF reçinesi ilave edilmiştir. Daha sonra yonga taslakları 195±5 oC sıcaklık, 30 kg/cm² basınç ve 5 dakika hidrolik deney presinde preslenerek 550x550x19 mm ebatlarında 650 kg/m³ yoğunluğunda P5 tipi üç tabakalı deney örnekleri üretilmiştir. Deney örneklerinin çekme direnci testi (TS-EN 319), kaynatma sonrası çekme direnci (TS EN 1087-1), kalınlık artışı ve su emme testi (TS-EN 317), serbest formaldehit testi (TS EN 12460-5) standardına göre test edilmiştir. Test sonuçları kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında özel olarak sentezlenen MUF reçinesinin yonga levhaların test edilen tüm özellikleri üzerine olumlu yönde belirgin bir etkisi olduğu anlaşılmıştır. Buna göre, kaynatma öncesi ve sonrası en yüksek çekme direnci değerlerine sırasıyla %13 ve %55 artış ile %11 oranında tutkal kullanılan A4 deney örneklerinde, kalınlık artışı ve su emme özelliklerinde en iyi sonuçlara ise sırasıyla %15 ve %7 düşüş gösteren %10,5 oranında tutkal kullanılan A3 deney numunelerinde görülmüştür. Serbest formaldehit değerlerinde en düşük değerlere %23 oranında düşüş görülen %10,5 oranında tutkal kullanılan A3 deney örneklerinde tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda P5 tipi yonga levhaların standartlarda belirtilen limit değerleri sağlaması açısından MUF reçinesi kullanım oranının önemli bir faktör olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yonga levha, MUF reçinesi, Rutubet, Yoğunluk, Mekanik ve fiziksel özellikler

Effect of melamine urea formaldehyde (MUF) resin on some properties of moisture resistant P5 type particle boards

Abstract: In this study, the effect of specially produced melamine urea formaldehyde (MUF) resin was investigated to improve the water and moisture resistance properties of particle boards. For this purpose, MUF resin with a solids content of 62% was added at a ratio of 13% in the top layer and four different ratios (9.5%, 10%, 10.5%, 10.5%, 11%) in the middle layer to the full dry chip weight of the prepared particleboard. Then, the chip drafts were pressed at 195±5 °C temperature, 30 kg/cm² pressure and 5 minutes in a hydraulic test press to produce P5 type three-layer test specimens with 550x550x19 mm dimensions and 650 kg/m³ density. The test specimens were tested according to tensile strength test (TS-EN 319), tensile strength after welding (TS EN 1087-1), thickness swelling and water absorption test (TS-EN 317), free formaldehyde test (TS EN 12460-5). When the test results were compared with the control samples, it was understood that the specially synthesized MUF resin had a significant positive effect on all tested properties of the particle boards. Accordingly, the highest tensile strength values before and after boiling were observed in A4 test samples using 11% glue with 13% and 55% increases respectively, while the best results in terms of thickness swelling and water absorption properties were observed in A3 test samples using 10.5% glue with 15% and 7% decreases, respectively. The lowest values in free formaldehyde values were found in A3 test specimens with 10.5% glue, which showed a 23% decrease. As a result of the research, it was understood that the rate of use of MUF resin is an important factor for P5 type particleboards to meet the limit values specified in the standards.

Keywords: Particleboard, MUF resin, Humidity, Density, Mechanical and physical properties

1. Giriş

Yonga levhanın tanımı üzerine araştırmacılar tarafından pek çok tanım yapılmıştır. Yonga levha, farklı odun türlerinden elde edilen yongaların termoset bir yapıştırıcı ile yüksek sıcaklık ve basınç altında üretilen, mobilya ve binaların farklı alanlarında kullanılan kompozit bir malzemedir (Juslin ve Lintu, 1997). Yonga levha endüstrisinde odun, orman atıkları, yıllık bitkiler, sanayi artığı (kapak, çıtalar, testere talaşı, planya talaşı) maddeler kullanılmaktadır. Yonga levhalar kullanım yeri, üretim

yöntemleri, yoğunluk vb. değişik parametrelere göre sınıflandırılmaktadır (Göker, 2000). TS EN 312 (2012) standardına göre yonga levhalar kullanım şartlarına uygun olacak şekilde P1, P2, P3, P4, P5, P6 ve P7 olarak 7 sınıfa ayrılmıştır. P5, yüksek boyutsal kararlılık ve sağlamlık ile kuru ve nemli koşullar altında yük taşıyıcı panel olarak tercih edilmektedir. Suyu ve neme karşı standart yonga levhalara göre daha yüksek mukavemet gösteren bu levhalar üretim aşamasında özel işlemlerden geçirilir. Bu işlemler arasında, yüksek yoğunluk, suya ve neme dayanıklı melamin içerikli reçine kullanımının yanı sıra yeşil renkli boyalar kullanılır.

^a İnönü Mahallesi, Alparslan Türkeş Bulvarı, Altınşehir Sitesi, No: 7/68, 37100, Kastamonu, Türkiye

^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): erdal.kara7581@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 08.11.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 25.04.2025



Citation (Atıf): Kara, M.E., 2025. Rutubete dayanıklı P5 tipi yonga levhaların bazı özellikleri üzerine melamin üre formaldehit (MUF) reçinesinin etkisi. Turkish Journal of Forestry, 26(2): 168-174.

DOI: [10.18182/tjf.1581850](https://doi.org/10.18182/tjf.1581850)

Yeşil renkli boyalar, genellikle suntaların yüzeyine uygulanarak su ve nem gibi dış etkenlere karşı daha dayanıklı hale gelmesini sağlar. Çevre dostu olup, düşük VOC (uçucu organik bileşikler) içeriğine sahiptirler. Bu nedenle suya dayanıklı yüzeyler oluşturulabilir. P5 sınıfı suya dayanıklı yeşil sunta üretiminde kullanılan yeşil boya, genellikle epoksi veya akrilik reçineler, yeşil pigmentler, antifungal ve antibakteriyel ajanlar, UV stabilizatörleri ve koruyucu kimyasallar içerir. Boyaların içeriği, boya ve üreticiye bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Görgülü Orman Ürünleri, 2024). Şekil 1'de P5 yeşil sunta örneği gösterilmiştir.

Dünyada yonga levha üretimi 2020 yılında 100 milyon m³'ü aşmış bulunmaktadır (FAOSTAT, 2020). Türkiye, 2020 yılı itibarıyla dünya yonga levha üretiminin %6,5'ünü gerçekleştirmiştir. Türkiye'de ahşap esaslı levha sektöründe son yıllarda artan yatırımlarla tesislerin toplam kurulu kapasitesi 2023 yılı itibarıyla 16.329.280 m³/yıl'a ulaşmıştır (Yomsad, 2021). Yonga levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri hammadde türü, reçine ve katkı maddelerinin özellikleri ile üretim şartlarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle yonga levhaların üretim şartlarının çok iyi takip edilmesi gerekir. Özellikle yük taşıma gerektiren inşaat uygulamaları, banyo panelleri ve mutfak projelerinde üretilen formaldehit (UF) tutkalı yeterli mekanik direnç özelliği gösterse de özellikle su ve neme karşı daha fazla direnç gösteren melamin formaldehit (MF) ya da melamin katkılı melamin üretilen formaldehit (MUF) reçineleri tercih edilmektedir (Özlüsoylu ve İstek, 2018). Yonga levhaların su ve neme karşı dayanımını iyileştirmek için, polimerik izosiyanat veya MUF reçineleri tercih edilmektedir (Silva vd., 2014). MF tutkallarının rutubete ve suya karşı oldukça dirençli olmaları nedeniyle kontrplak ve yonga levha üretiminde bağlayıcı olarak kullanıldığı bilinmektedir (Demirkır vd., 2005). MUF tutkalının MF tutkalından daha ekonomik, suya karşı direnç açısından MF tutkalının daha güçlü olduğu vurgulanmıştır (Pizzi, 1983). Pan vd. (2007) yonga levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine yaptığı çalışmada tutkal kullanım artışına bağlı olarak levhaların mekanik direnç özelliklerinin iyileştiğini belirtmiştir. Young ve Kim (2007) yonga levha üretimlerinde MUF ve UF tutkalı ile yaptıkları araştırma sonucunda MUF tutkalı ile daha iyi mekanik özellikler, boyutsal kararlılık ve serbest formaldehit değerleri elde etmişlerdir. Hse vd. (2008) formaldehitin üretilen ve melamine molar oranı (F/U/M) farklı MUF reçinesi ile yaptıkları çalışmada melamin içeriğinin artması ile daha hızlı jel süreleri sonucu yonga levhaların çekme direncinde artışa, kalınlık artışı, su emme ve formaldehit değerlerinde ise düşüşe yol açtığını belirtmişlerdir. Saldanha ve Iwakiri (2009) yaptıkları çalışmada kalınlıkça şişme değerinin kullanılan tutkal türü ve özellikleri ile bağlantısı olduğunu ifade etmişlerdir. Zhang vd. (2013) düşük oranda melamin katılmış UF tutkalı ve melamin katılmamış UF tutkalı ile üretilen kontrplaklara göre daha yüksek yapışma direnci ve daha düşük serbest formaldehit değeri elde edilmiştir. Nemli ve Akbulut (2004) yaptıkları çalışma ile UF tutkalına melamin ilavesinin yonga levhanın mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışma ile melamin reçinesinin kimyasal reaksiyonundaki bağ yapısından dolayı açığa çıkabilecek serbest formaldehit değerinin azaldığı, UF reaksiyonunda oluşan melamin içerikli bağlar nedeniyle mekanik ve fiziksel özelliklerinin iyileştiğini belirtmiştir. Kara, (2018) nano ürünlerle modifiye ettiği MUF ve fenol formaldehit (FF) reçinelerinin lamine malzemelerin mekanik ve fiziksel

özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışma sonunda optimum değerlere MUF reçinesi ile üretilen deney örneklerinde tespit etmiştir. Özçifçi vd. (2017) yönlendirilmiş yonga levhaların (OSB) mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine tutkal ve parafin artışının önemli bir etkisinin olduğunu belirtmiştir. Iswanto vd. (2014) yonga levha üretiminde reçine türü, pres sıcaklığı, pres basıncı, presleme süresi gibi parametreler levhanın kalitesini etkileyen önemli faktörler olduğunu açıklamıştır. Doğan ve Kaymakçı (2023) melamin içeriği %0, 2,5, %5, %15, %20 olan MUF tutkalı ile farklı yoğunluklarda elde ettikleri yönlendirilmiş yonga levhalarda (OSB) en iyi sonuçlara melamin içeriği %15-20 olan ve yüksek yoğunluklu deney örneklerinde tespit etmişlerdir. Ayrıca F/U mol oranı düşük tutkallarla üretilen deney gruplarının formaldehit emisyonu değerlerinin daha düşük sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Şahin ve Çavdar (2019) MUF ve izosiyanat tutkalları ile yaptıkları benzer çalışmada kalınlık artışı değerlerinin standartta belirtilen limit değerden (%14) düşük olduğunu belirtmişlerdir. Güler vd. (2016) yaptıkları araştırma sonunda nemli ortamlarda ve yüksek mekanik direnç özellikleri istendiğinde MUF tutkalının tercih edilmesinin daha uygun olduğunu ifade etmişlerdir.

Yapı ve mobilya sektöründe mekanik özellikleri ve boyutsal kararlılıklar bakımından literatürde kuru ve nemli ortamlar için farklı oranlarda melamin ihtiva edilen MUF reçinelerinin kullanıldığı rapor edilmiştir. Bu çalışmada MUF reçinesinin suya ve neme dayanıklı yüksek yoğunluklu P5 kalite TS EN 312 (2012) yonga levhaların mekanik, fiziksel ve teknolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla %23 melamin katkılı MUF reçinesi özel olarak sentezlenerek kuru yongaya oranla dört farklı oranda (%9,5, %10, %10,5 ve %11) yonga taslağının orta tabakasına ilave edilerek standartlara uygun optimum tutkal kullanım oranı tespit edilmiştir. Deney örneklerinin kaynatma öncesi ve sonrası çekme direnci, kalınlık artışı ve su emme ile serbest formaldehit özellikleri tespit edilerek kontrol örnekleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. P5 yeşil sunta örneği (Görgülü Orman Ürünleri, 2024)

Figure 1. P5 green chipboard sample (Görgülü Orman Ürünleri, 2024)

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Hammadde: Araştırmada hammadde olarak kullanılan karaçam (*Pinus nigra* A.) ve titrek kavak (*Populus tremula* L.) ağaç türlerinden elde edilen odun talaşı ve endüstriyel sanayi atığı olan piyasa talaşının boyutları Çizelge 1’de verilmiştir.

Boya pigmenti: Yonga levhanın neme dayanıklı bir malzeme olduğunu belirtmek amacıyla %53 katı madde içeriğine sahip yeşil boya pigmenti kullanılmıştır.

Reçine ve kimyasallar: Deney numunelerinin üretiminde %23 melamin ihtiva eden 1,05 mol (%62 katı madde içeriği) oranına sahip MUF reçinesi kullanılmıştır. Sertleştirici olarak katı madde içeriği %20 olan Amonyum klorür (NH_4Cl) çözeltisi, su itici olarak katı madde içeriği %60 olan parafin emülsiyonu tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan odun talaşı ve kimyasallar Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi A.Ş.’den, boya pigmenti ise ticari olarak bir tedarikçiden temin edilmiştir. Kimyasallara ait özellikler Çizelge 2’de verilmiştir.

Deney örneklerinin üretimi için hazırlanan üretim deseni Çizelge 3’te verilmiştir.

Deney levhalarının üretimi: Deney levhalarının üretimi laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiş olup, üretim aşamaları sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Tutkallama: Reçine ve kimyasalların odun talaşına verilmesi özel olarak tasarlanmış karıştırıcı ve üzerindeki

pnömatik enjektörlerle yapılmıştır. İlk olarak tam kuru talaş ağırlığına oranla %0,8 parafin emülsiyonu verilmiştir. Daha sonra bir beher içerisine tam kuru talaş ağırlığına oranla yüzey tabakaya %13, orta tabakaya sırayla; %9,5, %10, %10,5, %11 MUF reçinesi alınmıştır. Sertleştirici olarak tutkala oranla orta tabakada %3 üst tabakada %0,5 Amonyum klorür (NH_4Cl) çözeltisi ve tam kuru talaş ağırlığına oranla orta tabakaya %0,1 boya pigmenti katılarak DLAP OS20 marka 2200 rpm mekanik karıştırıcıda 5 dakika karıştırılıp odun talaşına ilave edilmiştir.

Yonga taslağının hazırlanması: Tutkal ve diğer kimyasallar ile karıştırılmış ince formdaki piyasa talaşları alt ve üst yüzeyde, kaba formdaki odun yongaları orta tabakada olacak şekilde üç katlı yonga levha üretimine göre 550x550x300 mm hazırlama kabında elle serilerek gerçekleştirilmiştir.

Presleme: Presleme işlemi Alman menşeli Bürkle marka hidrolik pres ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre yonga taslakları 195±5 °C sıcaklık, 30 kg/cm² basınçta 5 dakika boyunca preslenerek 550x550x19 mm ebatlarında 650 kg/m³ yoğunlukta deney örnekleri elde edilmiştir.

Yüzey işlemleri: Deney örnekleri 20±2 °C ve 65±5 bağıl nemde 4-7 gün kondisyonlanma için bekletilmiştir. Daha sonra net kalınlık 18±0,1 mm olacak şekilde İtalyan menşeli EMC Explorer 1100 marka zımpara makinesinde 80-100 kum zımpara bantları ile kalibre edilmiştir. Yonga taslaklarının preslenmesi ve elde edilen deney örneklerin test edilmesi Şekil 2’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Hammaddelerin boyutları

Table 1. Dimensions of raw materials

Hammadde türü	Yonga kalınlığı (mm)	Yonga eni (mm)	Yonga uzunluğu (mm)
Piyasa talaşı (yüzey tabaka)	0,15-0,3	0,5-1,0	0,15-1,5
Odun talaşı (orta tabaka)	0,4-1,0	1,0-5,0	5,0-25

Çizelge 2. Kimyasalların özellikleri

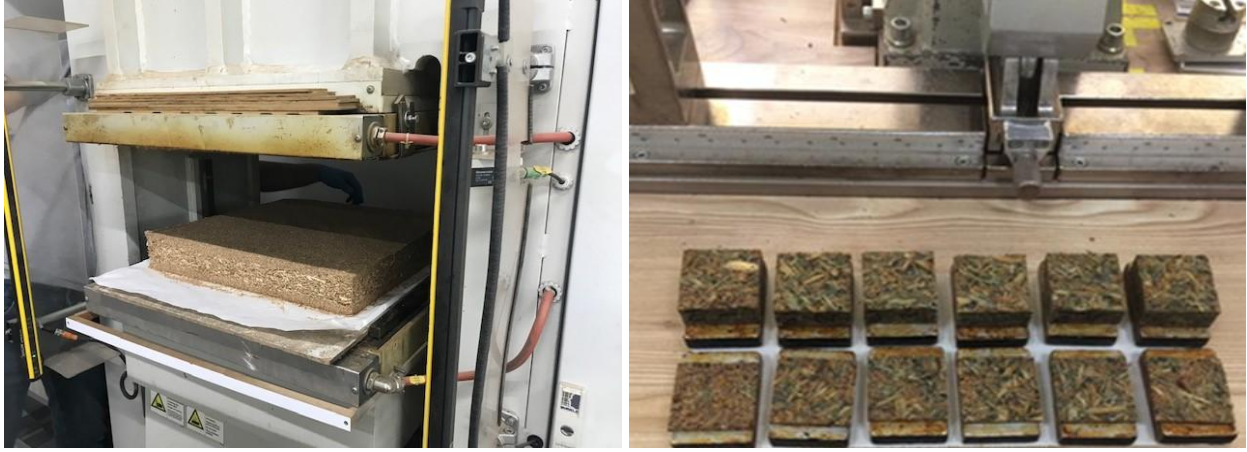
Table 2. Properties of chemicals

Kimyasal	Katı madde (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	pH	Akma zamanı (sn)	Mol oranı (Mr)	Melamin oranı (%)	Serbest for. oranı (% max.)
Tutkal (MUF)	62	1,297	9,09	50	1,05	23	0,10
Boya pigmenti (su bazlı)	53	1,300	8,80	33	-	-	-
Parafin emülsiyonu	60	0,950	9,50	12	-	-	-
Sertleştirici (NH_4Cl)	20	1,020	8,30	33	-	-	-

Çizelge 3. Üretim deseni

Table 3. Production design

Hammadde kullanım oranı (%)		Tutkal kullanım oranı (%)		Deney grupları
Yüzey tabaka	Orta tabaka	Yüzey tabaka	Orta tabaka	
		13	9,5	A1 (Kontrol)
		13	10	A2
		13	10,5	A3
		13	11	A4
35	65			



Şekil 2. Deney örneklerinin üretimi (Burkle pres)
Figure 2. Production of test samples (Burkle press)

2.2. Yöntem

TS-EN 312 (2012) standartlarında uygun olarak her grup için 10 deney örneği üretilerek test edilmiştir. Deney örneklerinin mekanik özelliklerinden çekme direnci deneyleri İtalyan menşeli IMALPAL firmasına ait IBX600 üniversal test cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kaynatma sonrası çekme dirençlerinin testleri TS-EN 1087-1 (1999) standardına göre yapılan kaynatma işleminden sonra gerçekleştirilmiştir. Fiziksel özellikleri belirlemek için test örnekleri hassas dijital terazi ve 1/20 hassasiyette kumpas yardımıyla ilk ve 24 saat sonraki değerleri ölçülerek kalınlık artışı ve su emme yüzdeleri belirlenmiştir. Teknolojik özelliklerinden serbest formaldehit içeriği perforatör yöntemi ile tespit edilmiştir TS EN 12460-5 (2016). Deney örnekleri üzerinde yapılacak testlere ait standartlar ile limit değerler Çizelge 4'te verilmiştir.

Araştırmada MUF reçinesinin kullanım oranının deney örneklerinin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi çok yönlü ANOVA analizi, faktörler arasındaki farklılıklar ise %95 güvenle DUNCAN testi ile belirlenmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

Deney örneklerinin mekanik, fiziksel ve serbest formaldehit özellikleri üzerine MUF reçinesinin etkisinin araştırıldığı çalışmada test sonuçlarına ait ortalama değerler ve istatistiksel analizler Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 5'te verilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre tutkal verilme oranının deney örneklerinin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine olumlu yönde belirgin bir etkisinin ($p<0,05$) olduğu anlaşılmıştır. Yapılan DUNCAN testi sonuçlarına göre deney örneklerinin fiziksel ve mekanik değerleri arasında anlamlı farkların ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

3.1. Fiziksel özellikler

Deney numunelerinin fiziksel özelliklerinden kalınlık artışı ve su emme, teknolojik özelliklerden serbest formaldehit testlerine ait ortalama değerler Şekil 3 (a, b) ve Şekil 4'te verilmiştir.

Çizelge 5'e göre 24 saat kalınlık artışı değerleri üzerine tutkal kullanım oranının etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Test sonuçlarından tüm değerlerin TS EN 312 (2012) standardında P5 sınıfı yonga levhalar için belirlenen üst limitin altında olduğu görülmüştür. Şekil 3 (a, b)'te verilen test sonuçlarından en düşük kalınlık artışı değerine %8,79 ile kontrol örneklerine göre %15 düşüş gösteren A3 deney örneklerinde görülmüştür. Su emme değerlerinde ise en düşük değerler %41,29 ile kontrol örneklerine göre %7 azalış gösteren A3 deney örneklerinde tespit edilmiştir. Test sonuçlarına göre tutkal kullanım oranı arttıkça kalınlık artışı ve su emme değerlerinde iyileşme görülmüştür. Bu durum kontrol örneğine göre tutkalın birim hacimde yongalar arasındaki bağ yapma kabiliyetinin artması dolayısıyla iç yapışmanın artması ile açıklanmıştır. Bu sayede serbest su moleküllerinin yonga ile teması güçleşmiş levhaların boyutsal kararlılıkları artmıştır. Elde edilen bulguların literatürde yapılan bir önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Nemli ve Akbulut (2004) yaptıkları çalışmada MUF reaksiyonunda oluşan melamin içerikli bağlar nedeniyle yonga levhanın kalınlıkça şişme değerlerini iyileştirdiğini belirtmiştir. Doğan ve Kaymakçı (2023) yaptıkları benzer araştırmada en düşük su emme ve kalınlık artışı değerlerine melamin içeriği yüksek MUF reçinesi ile üretilen deney örneklerinde tespit etmiştir. Young ve Kim (2007), Şahin ve Çavdar (2019) yaptıkları çalışmada, MUF tutkalı ile elde edilen örneklerin suya dayanımının arttığını ve standartlarda belirtilen değerlerden daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Hse vd. (2008) melamin içeriğinin artması ile yonga levhaların formaldehit değerlerinde düşüşten bahsetmiştir. Saldanha ve Iwakiri (2009) yaptıkları araştırma ile kalınlık artışının tutkal türü ve özellikleri ile doğrudan ilişkisi olduğunu belirtmiştir. Serbest formaldehit testine ait ortalama değerler Şekil 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. Testlere ait standartlar ve limit değerler

Table 4. Standards and limit values of tests

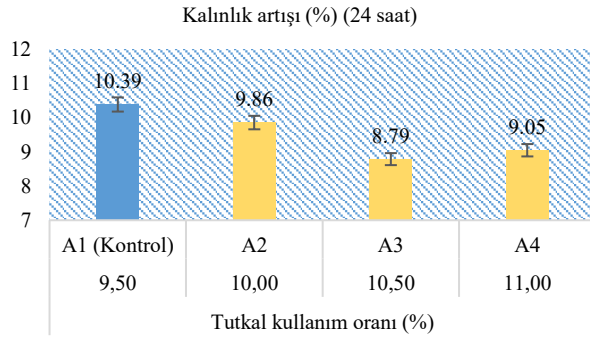
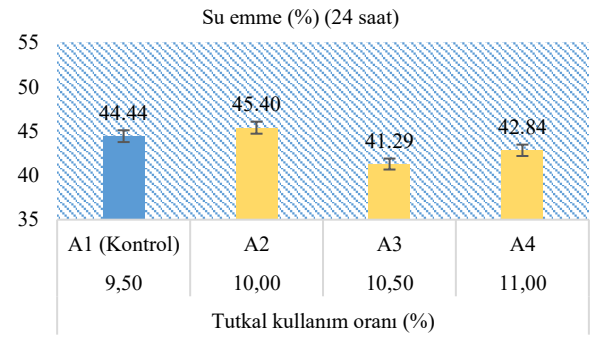
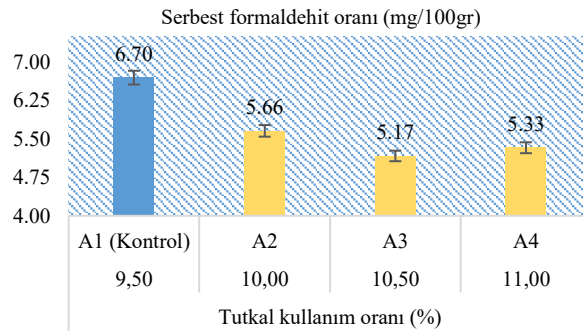
Mekanik ve fiziksel testler	Standart no	Örnek boyutları (mm)	Örnek sayısı	Limit değer (P5 tipi)
Çekme direnci (N/mm ²)	TS EN 319	50x50	10	≥ 0,45
Çekme direnci-kaynatma sonrası (N/mm ²)	TS EN 1087-1	50x50	10	≥ 0,14
24 saat kalınlık artışı (%)	TS EN 317	50x50	10	max. 10
24 saat su emme (%)	TS EN 317	50x50	10	max. 45
Serbest formaldehit testi (mg/100gr)	TS EN ISO 12460-5	20x25 (150gr)	10	(E-1) ≤ 8

P5: Suya ve neme dayanıklı yonga levha

Çizelge 5. Test sonuçlarına ilişkin istatistiksel analizler

Table 5. Statistical analysis of test results

Mekanik ve fiziksel testler	Faktör tutkal oranı (%)	Deney grupları	Örnek sayısı	Ortalama	Standart sapma	p<0,05
Çekme direnci (N/mm ²)	9,5	A1: Kontrol	10	0,84 ^b	0,04	0,001*
	10	A2	10	0,94 ^a	0,04	
	10,5	A3	10	0,92 ^a	0,07	
	11	A4	10	0,95^a	0,04	
Çekme direnci (kaynatma sonrası) (N/mm ²)	9,5	A1: Kontrol	10	0,09 ^c	0,01	0,001*
	10	A2	10	0,11 ^b	0,01	
	10,5	A3	10	0,12 ^b	0,01	
	11	A4	10	0,14^a	0,01	
Kalınlık artışı 24 saat (%)	9,5	A1: Kontrol	10	10,39 ^a	0,21	0,007*
	10	A2	10	9,86 ^{ab}	1,17	
	10,5	A3	10	8,79^c	1,32	
	11	A4	10	9,05 ^{bc}	0,55	
Su emme 24 saat (%)	9,5	A1: Kontrol	10	44,44 ^{ab}	1,15	0,002*
	10	A2	10	45,40 ^a	3,17	
	10,5	A3	10	41,29^c	1,18	
	11	A4	10	42,84 ^{bc}	1,73	
Serbest formaldehit oranı (mg/100gr)	9,5	A1: Kontrol	10	6,70 ^a	1,02	0,003*
	10	A2	10	5,66 ^b	0,87	
	10,5	A3	10	5,17^b	0,95	
	11	A4	10	5,35 ^b	0,65	

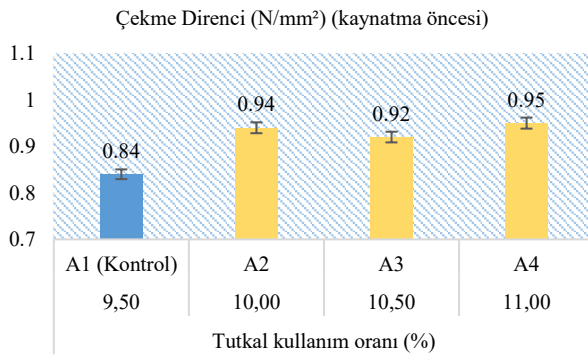
Şekil 3a. Kalınlık artışı ortalama değerler
Figure 3a. Average values of thickness swellingŞekil 3b. Su emme ortalama değerler
Figure 3b. Average values of water absorptionŞekil 4. Serbest formaldehit ortalama değerler
Figure 4. Average values of free formaldehyde

Çizelge 5'e göre serbest formaldehit değerleri üzerine tutkal kullanım oranının etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Test sonuçlarından tüm değerlerin TS EN ISO 12460-5 (2016) standardında E1 sınıfı için belirlenen üst limit değerin ($E1 \leq 8$) altında olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4'te verilen test sonuçlarından en yüksek değerlere 6,7 mg/100g ile A1 kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. En düşük 5,17 mg/100gr ile kontrol örneklerine göre %23 düşüş gösteren A3 deney örneklerinde görülmüştür. Test sonuçlarından orta tabakada MUF reçinesinin artışına bağlı olarak formaldehit salınım değerlerinde belirgin düşüşler tespit edilmiştir. Bu durum melamin içeriğine sahip MUF tutkalının kimyasal reaksiyonunda bağ yapısı güçlendiğinden yongalar arası yapışma kabiliyetinin artışına neden olmuştur. Buna bağlı olarak serbest haldeki formaldehit yapılarının levha içinde kalması olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulguların literatürde yapılan önceki çalışmalarla uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Doğan ve Kaymakçı (2023) yaptıkları araştırmada MUF tutkalının kimyasal reaksiyonundaki bağ yapısından dolayı açığa çıkabilecek serbest formaldehit oranının azalış gösterdiğini belirtmiştir. Aynı zamanda F/U mol oranı düşük reçinelerle üretilen örneklerin serbest formaldehit emisyonunun daha düşük sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Nemli ve Akbulut (2004) melamin reçinesinin kimyasal reaksiyonundaki bağ yapısından dolayı formaldehit bağlanmakta bu sayede açığa çıkabilecek serbest formaldehit oranının azaldığını belirtmiştir. Young ve Kim (2007), Zhang vd. (2013) ve Hse vd. (2008) MUF tutkalı ile yaptıkları çalışmalarda melamin içeriğinin artışına bağlı olarak serbest formaldehit değerinin düştüğünü belirtmişlerdir. Kara (2018) nano ürünle modifiye edilen MUF reçinesinin lamine malzemelerin serbest formaldehit emisyonu üzerine olumlu etkisinden bahsetmiştir.

3.2. Mekanik özellikler

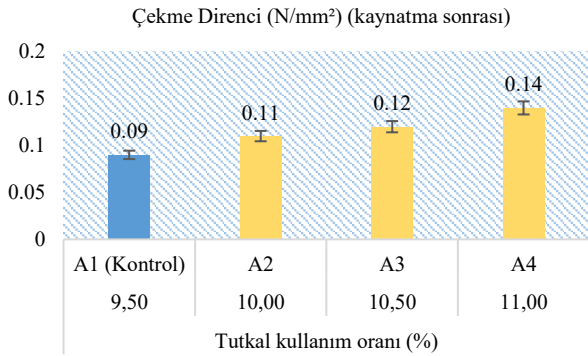
Deney örneklerinin mekanik özelliklerinden kaynatma öncesi ve sonrası çekme direncine ait ortalama değerler sırasıyla Şekil 5 (a-b)'de gösterilmiştir.

Çizelge 5'te çekme dirençleri üzerinde tutkal kullanım oranının istatistiksel olarak anlamlı etkisi görülmüştür. Test sonuçlarından tüm değerlerin TS EN 312 (2012) standardında P5 sınıfı için belirlenen üst limitin üzerinde olduğu görülmüştür. Şekil 5 (a, b)'ten de anlaşılabacağı üzere en yüksek çekme direncine 0,95 N/mm² ile kontrol örneklerine göre %13 artış gösteren A4 deney numunelerinde görülmüştür. Kaynatma sonrası çekme direncinde en yüksek değer 0,14 N/mm² ile kontrol örneklerine göre %55 artış gösteren A4 deney örneklerinde tespit edilmiştir. Test sonuçlarından tutkal artışına bağlı olarak çekme direncinde artış olduğu ve literatürde yapılan önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Pan vd. (2007), Özçifçi vd. (2017) yonga levhaların mekanik özellikleri üzerine tutkal artışının olumlu etkisinden bahsetmiştir. Young ve Kim (2007) melamin katkılı UF reçineleri ile üretilen yonga levhaların mekanik özelliklerinin iyileştiğini belirtmiştir. Hse vd. (2008) melamin içeriğinin artması ile daha hızlı jel sürelerinin elde edildiği ve bu durumun yonga levhaların çekme direncinde artışa yol açtığını belirtmiştir. Kara (2018) nano ürünle modifiye edilen MUF reçinesinin lamine malzemelerin çekme direnci üzerine olumlu etkisinden bahsetmiştir. Doğan ve Kaymakçı (2023) melamin içeriği yüksek MUF reçineleri ile üretilen (OSB)'lerin çekme direnci değerlerinde önemli artışlar olduğunu belirtmiştir. Güler vd. (2016) mekanik direnç özellikleri yüksek yonga levhalar istendiğinde MUF tutkalının tercih edilmesinin daha uygun olduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 5-a. Çekme direnci ortalama değerler (kaynatma öncesi)

Figure 5-a. Average values of tensile strength (before boiling)



Şekil 5-b. Çekme direnci ortalama değerler (kaynatma sonrası)

Figure 5-b. Average values of tensile strength (after boiling)

4. Sonuçlar

Bu çalışmada P5 sınıfı yonga levhaların mekanik, fiziksel ve teknolojik özelliklerini iyileştirmeye yönelik MUF reçinesinin etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda;

- P5 sınıfı yonga levhaların mekanik, fiziksel ve teknolojik özellikleri üzerine MUF reçinesi artışının olumlu yönde belirgin bir etkisi olduğu ve standartta TS EN 312 (2012) belirtilen limit değerleri karşıladığı anlaşılmıştır.
- Test sonuçları kontrol örnekleri ile karşılaştırılarak optimum değerlere ulaşılmıştır. Buna göre mekanik özelliklerde çekme direncinde %13, kaynatma sonrası çekme direncinde ise %55 artış görülmüştür. Fiziksel özelliklerde 24 saat kalınlık artışı ve su emme değerlerinde sırasıyla %15 ve %7 iyileşme tespit edilmiştir. Son olarak teknolojik özelliklerden formaldehit emisyon değerinde %27 düşüş gerçekleşmiştir.
- Çalışma ile elde edilen yonga levhaların tüm özellikler bakımından yüksek performans göstermesinde MUF reçinesinin özelliğinin ve kullanım oranının önemli bir etkisi olduğu anlaşılmıştır. Bu sayede standartlarda belirtilen limit değerlere yakın değerlerde ve istenilen özelliklerde yonga levhaların elde edilebileceği anlaşılmıştır.

Sonuç olarak yonga levhalar kendini temsil eden kontrol örnekleri karşılaştırıldığında MUF reçinesinin kullanım oranına bağlı olarak yonga levhaların mekanik, fiziksel ve teknolojik özelliklerinde iyileşmeler tespit edilmiştir. Bu doğrultuda yonga levhaların su ve neme karşı boyutsal kararlılıkları ve mekanik mukavemetlerini iyileştirmeye yönelik farklı reçine türleri ve kimyasallar ile yeni çalışmaların yapılması tavsiye edilmiştir.

Açıklama

Bu çalışmanın yapılmasında desteklerinden dolayı Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. Kastamonu Fabrikası yönetimine teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Demirkır, C., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak, S., 2005. Melamin üre formaldehit (MUF) ile üretilmiş okume kontrplakların bazı özelliklerine orta tabakada kullanılan ağaç türünün etkisi. Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 6(1-2): 94-101.
- Doğan, K., Kaymakçı, A., 2023. Melamin ve üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş yonga levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 25(3): 362-368.
- DOI: 10.24011/barofd.1295679FAOSTAT, 2020. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO> (accessed on 7 July 2020)
- Göker, Y., 2000. Değişik yöntemlerle üretilmiş yonga levhaların kullanım yerleri. Laminart Mobilya ve Dekorasyon ve Sanat ve Tasarım Dergisi, Sayı:7, İstanbul [org/faostat/en/#data/FO](http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO) (accessed on 7 July 2020)
- Görgülü Orman Ürünleri, 2024. <https://gorgulu.com.tr/urun/18-mm-neme-dayanikli-sunta/> (erişim tarihi: 08.11.2024)
- Güler, C., Altıntaş, B., Yüksek, A.K., 2016. Melamin ve üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş yonga levhaların bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesi. Ormancılık Dergisi, 12(2): 143-152.
- Hse, C.Y., Fu, F., Pan, H., 2008. Melamine-modified urea formaldehyde resin for bonding particle boards. Forest Products Journal, 58(4)

- Juslin, H., Lintu, L., 1997. Responcesto changes in demand, supply of forest products through improved marketing. XI. World Forestry Congress, Antalya, Türkiye, ss 121-135.
- Iswanto, A.H., Azhar, I., Supriyanto, I., Susilowati, A., 2014. Effect of resin type, pressing temperature and time particle board properties made from sorghum bagasse. Agriculture, Forestry and Fisheries, 3(2): 62-66. doi: 10.11648/j.aff.20140302.12
- Kara, M.E., 2018. Nanoteknolojik ürünlerle modifiye edilen FF ve MUF tutkallarının odun kompozit malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi. Doktora tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük
- Kaymakçı, A., & Doğan, K. 2023. Melamin ve üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş yonga levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 25(3), 362-368. <https://doi.org/10.24011/barofd.1295679>
- Nemli, G., Akbulut, T., 2004. Üre formaldehit tutkalına melamin formaldehit ilavesinin yonga levhanın bazı özellikleri üzerine etkisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 54(1): 42-44.
- Özçifçi, A., Kara, M.E., Karakaya, B., Biçer, E., 2017. Yönlendirilmiş yonga levha (OSB)'nin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine tutkal ve parafın miktarının etkisi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6(3): 52-60.
- Özlüsoylu, İ. ve İstek, A., 2018. Sodyum karboksimetil selüloz Na-CMC takviyeli üre formaldehit tutkalının yonga levha özellikleri ve formaldehit emisyonuna etkisi. Türkiye Ormancılık Dergisi, 19(3): 317-322.
- Pan, Y. Zheng, R. Zhang, Jenkins B.M., 2007. Physical properties of thin particle board made from saline eucalyptus, Industrial Crops and Products, 26(2): 185-194.
- Pizzi, A., 1983. Wood Adhesives Chemistry and Technology.
- Silva, D.A.L., Lahr, F.A.R., Pavan, A.L.R., Saavedra, Y.M.B., Mendes, N.C., Sousa, S.R., Sanches, R., Ometto, A.R., 2014. Do wood-based panels made with agroindustrial residues provide environmentally benign alternatives? An LCA case study of sugarcane bagasse addition to particle board manufacturing. The International Journal of Life Cycle Assessment, 19(10): 1767-1778.
- Saldanha, L., Iwakiri, S., 2009. Effects of density and kind of resin in the properties of OSB of (Pinus taeda L.) Journal floresta, 39(3): 571-576.
- Şahin, H. İ., Çavdar, V., 2019. PMDI ilaveli melamin üre formaldehit (MUF) tutkalının yonga levha endüstrisinde değerlendirilmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(3): 1957-1968.
- TS EN 312, 2012. Yonga levhalar-özellikler. TSE, Ankara.
- TS EN 317, 1999. Yonga ve lif levhalar-su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 319, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar-levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN ISO 12460-5, 2016. Ahşap esaslı levhalar. formaldehit salınımının belirlenmesi. Bölüm 5: Ekstraksiyon (perforatör yöntemi).
- TS EN 1087-1, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar-kaynatma sonrası çekme dayanımı tayini. TSE, Ankara.
- Yomsad., 2021. Türkiye ahşap esaslı levha üretim, ithalat ve ihracat raporu. MDF ve Yonga Levha Sanayicileri Derneği, İstanbul.
- Young, B., Kim, Moon G., 2007. Evaluation of melamine modified urea formaldehyde resin as particle board binders. Journal of Applied Polymer Science, 106(6): 4148-4156.
- Zhang, J., Wang, X., Zhang, S., Gao, Q., Li, J., 2013. Effects of melamine addition stage on the performance and curing behavior of melamine-urea formaldehyde (MUF) resin. BioResources, 8(4): 5500-5514.

Hidrotermal hidroliz yönteminde amonyum klorür kullanımının lif levhaların geri dönüşümüne etkisi

Çağrı Olgun^{a,*} 

Öz: Lif levhalar, kullanım ömürlerinin sonunda bertaraf edilmelerinde hava kirliliği gibi bazı önemli çevresel sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunların çözümünde lif levhaların geri dönüşümü en etkili yöntem olmakla beraber, henüz kendine yaygın bir uygulama alanı bulamamıştır. Literatürde odun esaslı levhalar için çeşitli geri dönüşüm metotları bulunmakla olup, bunlar arasında en çok araştırılanlardan biri de hidrotermal hidroliz yöntemidir. Bu çalışmada, hidrotermal hidroliz yöntemi ile geri dönüştürme işleminde farklı (%0, %2,5, %5, %7,5, %10, %15, %20 ve %25) konsantrasyonlara sahip amonyum klorür çözeltilerinin kullanımının elde edilen lifler üzerine etkisi araştırılmıştır. Geri kazanılan liflerin özelliklerinin tespiti amacıyla elementel analiz (%C, %H, %N), FT-IR analizi, SEM (taramalı elektron mikroskopu) ve SEM EDS (enerji dağılım spektrometresi) analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, amonyum klorür miktarındaki artış lif levhanın yapısında bulunan toplam azot (N) oranını %4,198'den %0,268'e kadar azalttığı gözlemlenmiştir. Buna rağmen, amonyum klorür miktarındaki artış ile elde edilen liflerin morfolojilerinde bozulmalar olduğu gözlemlenmiştir. SEM EDS analizi sonuçlarında %20 ve %25 konsantrasyonda amonyum klorür çözeltisi ile muamele edilerek geri kazanılan liflerin yüzeyinde azot elementinin olmadığı ve tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, bu iki çözelti optimum işlem konsantrasyonu olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Geri dönüşüm, Lif levha, Lif özellikleri, Hidrotermal hidroliz

The effect of ammonium chloride usage on the recycling of fiberboards in the hydrothermal hydrolysis method

Abstract: Fiberboards, when disposed of at the end of their service life, cause some significant environmental issues such as air pollution. The recycling of fiberboards is the most effective solution to these problems; however, it has not yet found a widespread application. In the literature, there are various recycling methods for wood-based panels, but one of the most researched is the hydrothermal hydrolysis method. In this study, the effect of ammonium chloride solutions with different concentrations (0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 15%, 20%, and 25%) on the fibers obtained through the recycling process using the hydrothermal hydrolysis method was investigated. Elemental analysis (C%, H%, N%), FT-IR analysis, SEM (scanning electron microscope) and SEM EDS (energy dispersive spectrometry) analyses were conducted to determine the properties of the recovered fibers. According to the obtained results, it has been observed that the increase in the amount of ammonium chloride significantly reduces the total nitrogen (N) content in the structure of the fiber board from 4.198% to 0.268%. Nevertheless, it has been observed that there are distortions in the morphologies of the fibers obtained with the increase in the amount of ammonium chloride. In the SEM EDS analysis results, it was found that there was no nitrogen element on the surface of the fibers recovered by treatment with ammonium chloride solution at concentrations of 20% and 25%, and when all results were evaluated, these two solutions were determined to be the optimum processing concentrations.

Keywords: Recycling, Fiberboard, Fiber properties, Hydrothermal hydrolysis

1. Giriş

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2023 yılı istatistiklerine göre 1961 yılından günümüze dünyada yaklaşık olarak toplam 6,7 milyar m³'lük yongalevha, OSB ve lif levha üretimi gerçekleştirilmiş durumdadır. Bu rakamın yaklaşık 2,7 milyon m³'ü çeşitli sınıflardaki lif levha üretimlerine aittir. FAO'nun 2023 yılı istatistiklerine göre, 2022 yılında 6,25 milyon m³ üretimle Türkiye, lif levha üretiminde dünyada Çin'den sonra ikinci en fazla üretim yapan ülke konumundadır (FAOSTAT, 2023). Rakamlardan anlaşılacağı üzere Türkiye mobilya sektörünün en önemli hammaddelerinden biri olan lif levhanın en büyük üreticilerinden biridir. Lif levhaların mobilya üretimi

sırasında fire olarak veya kullanım ömrü sonunda atık olarak çöp deponi alanlarına terk edilmesi ya da yakılarak bertaraf edilmesi hava kirliliği konusunda çeşitli problemlerle yol açmaktadır (Demirkır ve Çolak, 2006; Olgun vd., 2023). Ayrıca birçok farklı araştırmacı tarafından yakın gelecekte orman ürünleri sanayisindeki gelişime paralel olarak odun hammadde tedariki konusunda bir darboğaz yaşanılması beklenilmekte ve bu noktada yeni hammaddelerin değerlendirilmesi konusunda çalışmalar yürütülmektedir (Çiçekler vd., 2022). Atık yönetimiyle ilişkili artan çevresel endişeler nedeniyle odun esaslı levhaların geri dönüşümü geleneksel bertaraf yöntemlerine göre daha sürdürülebilir bir çözüm önerisi olarak ön plana

^a Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 37150, Kastamonu, Türkiye

^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): colgun@kastamonu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 13.11.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 13.03.2025



Citation (Atıf): Olgun, Ç., 2025. Hidrotermal hidroliz yönteminde amonyum klorür kullanımının lif levhaların geri dönüşümüne etkisi. Turkish Journal of Forestry, 26(2): 175-181.

DOI: [10.18182/tjof.1584107](https://doi.org/10.18182/tjof.1584107)

çıkılmaktadır (Demirkır ve Çolak, 2006; Lubis vd., 2020a; 2020b; Sala vd., 2020).

Son yıllarda, mekanik, kimyasal, hidrotermal ve bunların kombinasyonları şeklinde birçok yenilikçi odun esaslı levha geri dönüşüm yöntemi geliştirilmiştir (Antov ve Savov, 2019; Olgun vd., 2023). Bu yöntemlerden en çok çalışılanlarından biri olan hidrotermal hidroliz yöntemi, düşük karbon ayak izi ve sürdürülebilirlik açısından daha fazla ön plana çıkmaktadır (Savov vd., 2023a; 2023b). Termoset yapıları sebebi ile formaldehit içerikli tutkallarla üretilen odun esaslı levhaların geri dönüşümü, kağıt vb. gibi ürünler gibi kolay olmamaktadır. Teorik olarak hidrotermal hidrolizde tutkalın iç matris yapısındaki bağların hidrolizi amaçlansa da (Besserer vd., 2021; Savov vd., 2023a), uygulama esnasında uygulanan faktörlerin etkisi ile liflerin morfolojilerinde bozulmalar meydana gelmektedir (Lubis vd., 2018a; Moezzipour vd., 2018; Zeng vd., 2018; Hagel vd., 2021; Gürsoy ve Ayrılmış, 2023; Troilo vd., 2023). Olgun vd. (2023) yaptıkları çalışmada 5 farklı geri dönüşüm metodunun lif boyutları ve yeniden üretilen levha özelliklerine olan etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, %25 konsantrasyona sahip amonyum klorür ve amonyum sülfat çözeltileri ile hidrotermal hidroliz yöntemi ile geri kazanılan lifleri boyutlarındaki değişimin ve bu liflerden elde edilen levha özelliklerinin çözelti konsantrasyonu, işlem sıcaklığı ve zamanındaki değişimlerle iyileştirebileceğini vurgulamışlardır (Olgun vd., 2023). Odun esaslı levha sektörlerinde geri dönüşümü yaygınlaştırmak için farklı geri dönüşüm yöntemlerinin, geri kazanılmış lif ve yeniden elde edilecek levhaların özelliklerine olan etkilerinin daha fazla incelenmesi ve bu yöntemlerde uygulanan işlem şartlarının etkilerin değerlendirilerek optimize edilmesi hususunda, mevcut bilimsel çalışmalara ek daha fazla bilimsel çalışmaya ihtiyaç vardır (Savov vd., 2023a; 2023b). Bu çalışmada hidrotermal geri dönüşüm işlemi sırasında farklı konsantrasyonlardaki amonyum klorür çözeltilerinin kullanımının geri kazanılmış lifler üzerine etkisi araştırılarak optimum amonyum klorür konsantrasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Geri dönüşüm materyali olarak %100 yapraklı ağaç lifi ile üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilmiş olduğu bilinen orta yoğunluklu lif levha (MDF) örnekleri atık parça olarak temin edilmiştir. MDF örnekleri, geri dönüşüme hazırlanmaları için CEL marka Power 8 (WS4E) model taşınabilir atölye (UK) yardımıyla 1 cm genişliğinde ve 2-4 cm uzunluğunda şeritler haline getirilmiştir. Çalışmada kullanılan geri dönüşüm prosedürleri için analitik saflıkta Scharlau marka amonyum klorür Gençbay Medikalden (Zonguldak/Türkiye) temin edilerek kullanılmıştır.

2.2. Hidrotermal hidroliz metodu ile geri dönüşüm

Hidrotermal hidroliz yöntemi ile geri dönüşüm işlemi için hazırlanan lif levha numuneleri, Şekil 1'deki gibi %0, %2,5, %5, %7,5, %10, %15, %20 ve %25 konsantrasyonlardaki amonyum klorür çözeltilerine, çözelti/MDF atık oranı 10:1 olacak şekilde eklendikten sonra 110 °C'de, 0,4 bar basınçta 30 dakika otoklavda muamele edilmiştir. İşlem sonrasında atık MDF örnekleri şişerek bütünlüklerini kaybetmiş, elde edilen lifler distile su ile yıkanarak mekanik olarak dağıtılmıştır. Lifler, oda koşullarında kurutulduktan sonra yapılan analizler için etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilerek fırın kurusu halde hazırlanmıştır.

2.3. Elementel Analiz

Lif levhanın ve geri dönüştürülen liflerin yapısında bulunan karbon (%C), azot (%N) ve hidrojenin (%H) tespiti Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında bulunan Eurovector CHN Elemental Analyzer cihazında gerçekleştirilmiştir.

2.4. Fourier transform infrared Spektrum (FT-IR) Analizi

Elde edilen lif örneklerinin fonksiyonel gruplarındaki farklılıkları belirlemek için Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) ile analiz edildi. FT-IR deneyleri Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi, Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan ATR aksesuarına sahip JASCO FT/IR 4700 spektrometresi yardımıyla 400-4000 cm⁻¹ dalga boyları arasında, 4 cm⁻¹ çözünürlükte ve örnek üzerinde 32 tarama yapılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. MDF Geri Dönüşüm aşamaları (A: işlem öncesi, B: hidrotermal işlem C: işlem Sonrası)

Figure 1. MDF Recycling stages (A: before the treatment, B: hydrothermal treatment C: after the treatment)

2.5. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizleri

Liflerin morfolojik özelliklerinin belirlenmesi için Kastamonu Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan Quanta FEG 250 (FEI, ABD) taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Geri dönüşüm işlemleri sonrasında birbirine yakın özellikler gösteren grupların arasında ayırım yapabilmek amaçlı lif yüzeylerinin elementel kompozisyon taraması, Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi, Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Malzeme Karakterizasyon Laboratuvarında bulunan QUANTA FEG 250 (FEI, ABD) marka taramalı elektron mikroskobu enerji dağılım spektrometresi (SEM - EDS) yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Elemental Analiz Sonuçları

MDF örneklerinden alınan toz numunenin ve geri dönüştürülen liflerin elemental analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Oransal olarak azot miktarı, direkt olarak levhada kullanılan üre formaldehit miktarı ile ilişkili olup, geri dönüşümde bu oranın azalması uzaklaşan tutkal miktarı ile ilişkilendirilmektedir (Lubis vd., 2018b). Çalışmada kullanılan MDF atıklarından elde edilen numunelerin azot oranı %4,198 olarak tespit edilirken, hidrotermal geri dönüşüm işlemi sonucu elde edilen en yüksek değer %0,924 ile sadece su ile işlem gören gruptan, en düşük oran ise %0,268 ile %25 amonyum klorür ile muamele gören gruptan elde edilmiştir. İşlem sonrası oransal olarak azot miktarındaki azalma, uygulanan hidrotermal geri dönüşüm işleminin başarılı olduğunu göstermektedir. Amonyum klorür miktarındaki artışa bağlı olarak yüzde azot miktarı belirli bir miktara kadar gerilemiş ve %7,5 amonyum klorür ile muamele görmüş gruptan sonra değişimlerde anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir. Bu değişimlerin daha ayrıntılı anlaşılabilmesi açısından örneklerin yüzde azot miktarları Şekil 2'deki grafikte gösterilmiştir.

Literatürde, yonga levhanın sadece su ile hidrotermal geri dönüşümü ile elde edilen yongalarda azot oranının 100 °C 1 saat bekletme ile %1,3, 120 °C'de 30 dk bekletme ile %0,99, 160 °C'de 20 dk bekletme ile %0,66 oranına kadar azaldığı rapor edilmiştir (Fu vd., 2020). Farklı kalınlıktaki lif levhaları, farklı çözelti/levha oranlarında ve sürelerde 95 °C sıcaklıkta uygulanan geri dönüşüm işlemi sonucunda elde edilen liflerin azot oranının % 1,0 ila %2,5 arasında değiştiği belirtilmiştir (Bütün Buschalsky ve Mai, 2021). Hagel, vd., 2021 yılında yaptıkları çalışmada, buharlama sonrası liflendirmeye ile geri dönüştürülen liflerdeki azot oranını %0,9 ila 1,2 arasında bulmuşlardır. Farklı bir çalışmada, hidrotermal geri dönüşüm yöntemiyle farklı sıcaklıklar ve sürelerde elde edilen liflerin azot oranının %3,68 ile %3,94 arasında olduğu rapor edilmiştir (Savov vd., 2023a). Lubis, vd. (2018b) yaptıkları çalışmada, 100 °C'de sadece su ile yapılan hidrotermal geri dönüşümde elde edilen liflerin azot oranını %1,04 olarak tespit ederken, aynı çalışmada kullanılan 0,1 M'lık sülfürik asit çözeltisi yardımı ile 100 °C'de yapılan hidrotermal geri dönüşümden elde edilen liflerde %0,26, 0,1 M'lık oksalik asit çözeltisi yardımı ile 100 °C'de yapılan hidrotermal geri dönüşümden elde edilen liflerde ise %0,08 oranında bulmuşlardır. Çalışmada kullandıkları alkali çözeltilerle (0,1'er molar sodyum sülfid ve

sodyum hidroksit) yapılan muamele sonucunda ise, sadece suya göre azot oranının tüm denemelerde yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Lubis vd., 2018b). Literatürdeki bilgilere paralel şekilde çalışmada kullanılan amonyum klorürün sulu çözeltilerinin zayıf asidik karakteri (pH≈ 4-6) liflerdeki azot oranının azalmasındaki en muhtemel sebebi olarak düşünülmektedir (Barnartt, 1986; Olgun vd., 2023).

3.2. FT-IR Analiz Sonuçları

Şekil 3'te, atık MDF örneği (kontrol) ve hidrotermal hidroliz metodu ile elde edilmiş örneklerin FT-IR ATR analiz grafikleri, geçirgenlik oranı (%T) şeklinde gösterilmiştir. Şekil 3'te özellikle MDF tozundan elde edilen ve üre formaldehit kaynaklı, C=O gerilme bandını (amid I), N-H bükülmesini ve C-N gerilmesini ve (amid II) gruplarını (1647-1542 cm⁻¹) temsil eden dalga boylarında önemli farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. 1647cm⁻¹ en yüksek ilk üç yüzde geçirgenlik değeri sırası ile %20, %10 ve %7,5 konsantrasyona sahip amonyum klorür kullanılarak geri dönüştürülen lif gruplarından elde edilmiştir. 1541 cm⁻¹'de en yüksek ilk üç yüzde geçirgenlik değerleri ise %20, %7,5 ve %10 konsantrasyona sahip amonyum klorür kullanılarak geri dönüştürülen lif gruplarından elde edilmiştir. Literatürdeki geri dönüşüm çalışmalarında da çalışmamıza paralel şekilde FT-IR analizlerinde en çok fark bu iki dalga boyunda gözlemlenmiştir (Moezzi pour vd., 2017; Lubis vd., 2018a; 2018b; Lubis ve Park, 2018).

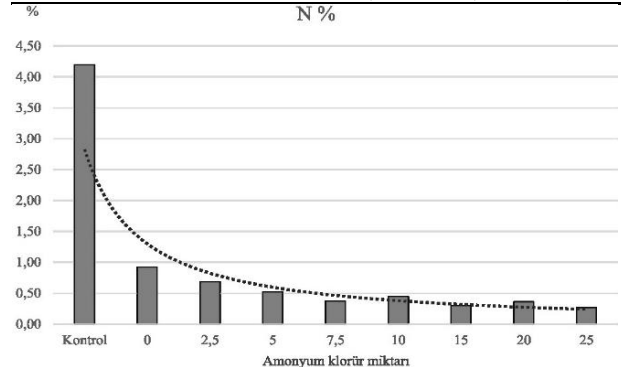
3.3. Liflerin morfolojik özellikleri ve yüzey elementel kompozisyonları

Atık MDF örneği ve farklı konsantrasyonlardaki amonyum klorür çözeltileri ile hidrotermal hidroliz yöntemiyle elde edilen liflerin SEM görüntüleri Şekil 4'te verilmiştir.

Çizelge 1. Elemental analiz sonuçları

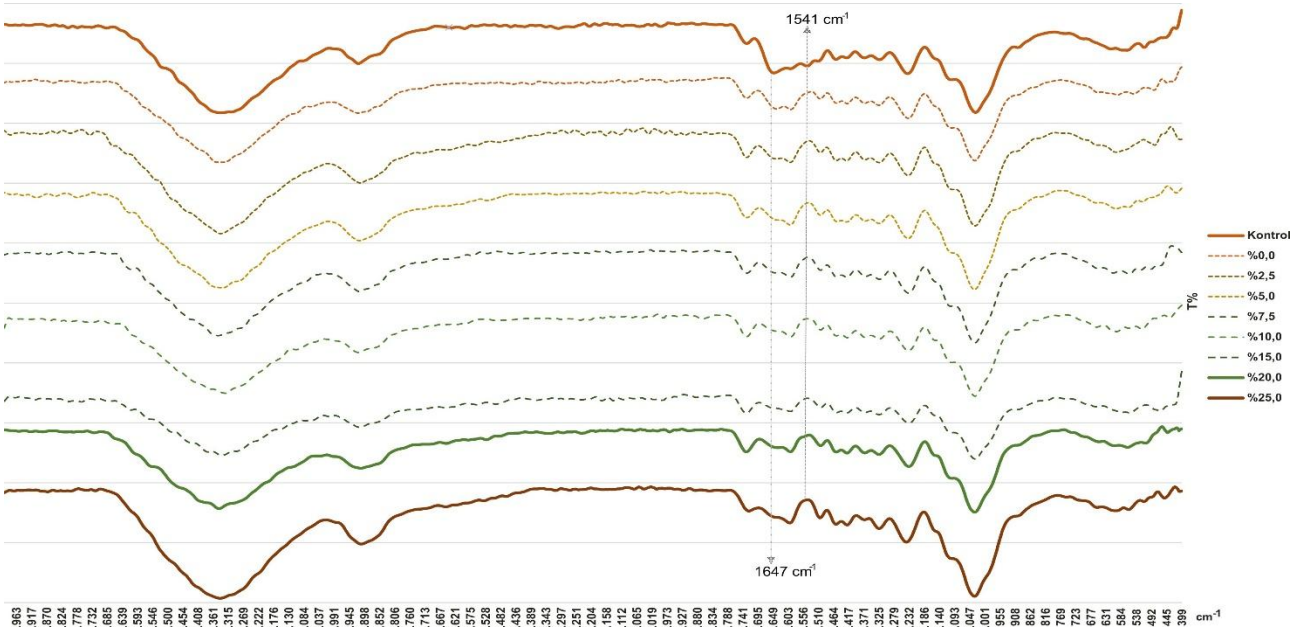
Table 1. Results of elemental analysis

Örnek adı	Amonyum klorür konsantrasyonu (%)	N (%)	C (%)	H (%)
Kontrol	MDF Levha Tozu	4,198	45,512	5,869
A	%0	0,924	46,174	6,139
B	%2,5	0,687	46,520	6,145
C	%5	0,521	46,509	6,251
D	%7,5	0,374	47,047	5,938
E	%10	0,448	47,062	6,264
F	%15	0,300	46,408	5,950
G	%20	0,358	46,585	6,325
H	%25	0,268	46,535	6,058



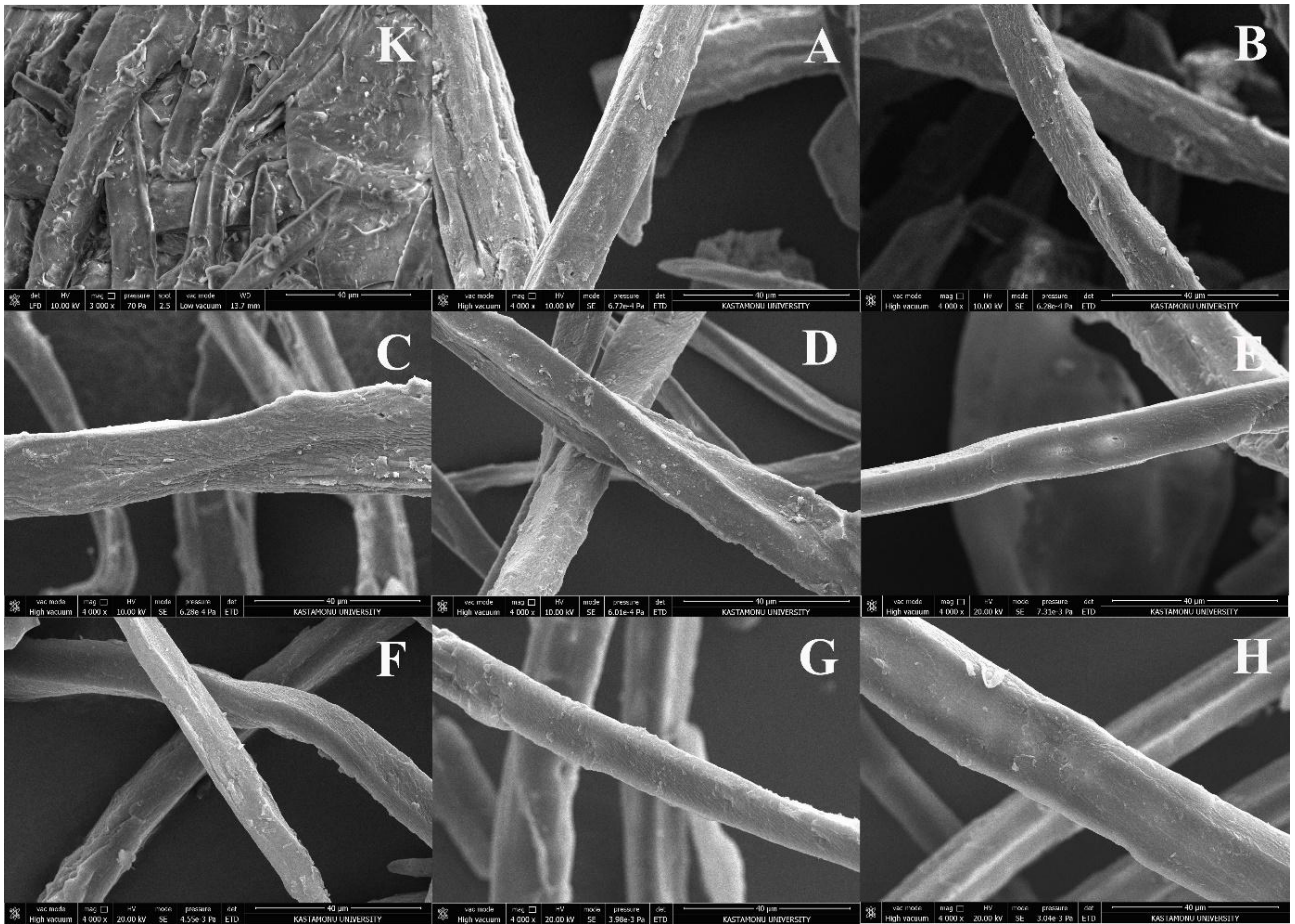
Şekil 2. Liflerin azot miktarındaki değişim

Figure 2. Change in nitrogen content of fibers



Şekil 3. Örneklerin FT-IR ATR analizleri

Figure 3. FT-IR ATR analyses of the samples



Şekil 4. SEM görüntüleri (K: Kontrol, zoom oranı 3000x; A %0, B %2,5, C %5, D %7,5, E %10, F %15, G %20, H %25, A-H zoom oranı 4000x, her bir fotoğrafta birim uzunluk: 40 µm)

Figure 4. SEM images (K: Control, zoom ratio 3000x; A 0%, B 2.5%, C 5%, D 7.5%, E 10%, F 15%, G 20%, H 25%, A-H zoom ratio 4000x, unit length in each photograph: 40 µm)

Şekil 4'te yer alan SEM fotoğraflarında, %0, %2,5, %5 konsantrasyonlarında muamele görmüş liflerin yüzeylerine tutkal artıkları gözlenmektedir. Tutkal artığı parçacıkların sayısı ve boyutlarının, amonyum klorür miktarı arttıkça azaldığı gözlemlenebilmektedir. Aynı zamanda, konsantrasyon arttıkça liflerde morfolojik deformasyonların arttığı görülebilmektedir. Hatta %20 (G) ve %25 (H) konsantrasyonlarındaki çözelti ile hidrotermal geri dönüşümden elde edilen liflere ait fotoğraflar (Şekil 4 ve Şekil 5) incelendiğinde, lifler yüzeylerinde yer yer geniş çatlaklar görülmektedir. Geri dönüşüm işlemi sonrası liflerin yüzeyinde kalan kalıntı tutkal geri kazanılmış lifin tekrardan lif levha üretiminde değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Hatta çok düşük oranlarda dahi olsa, odun yüzeyindeki tutkal kalıntısı yapışma direncini ciddi oranda etkilemektedir (Besserer vd., 2021, Troilo vd., 2023). Dolayısı ile sadece elementel analiz yapmak genellikle yetersiz kalmaktadır, çünkü elementel analiz elde edilen kütlenin içerisindeki azot miktarını vermektedir. Lif yüzeyindeki kalıntı tutkal, elementlerin X ışınlarını yansıtırma prensibine göre seçilen bölgedeki elementel kompozisyonunun belirlendiği, enerji

dağılım spektrometresi (SEM-EDS) metodu ile daha ayrıntılı bir şekilde belirlenebilmektedir (Troilo vd., 2023). Çalışmada elde edilen elementel analiz, FT-IR spektrumları ve SEM fotoğraflarının incelenmesi sonucu birbirine yakın özellikler gösterdiği düşünülen %7,5 den %25 konsantrasyona kadar olan gruplardaki liflerin yüzey alanlarının elementel kompozisyonu SEM EDS analizi ile gerçekleştirilmiş, analiz sonucu elde edilen grafikler Şekil 6'da ve grafiklerde tespit edilen elementlerin ağırlıkça yüzde ve atomca yüzdeleri ise Çizelge 2'de sayısal olarak verilmiştir.

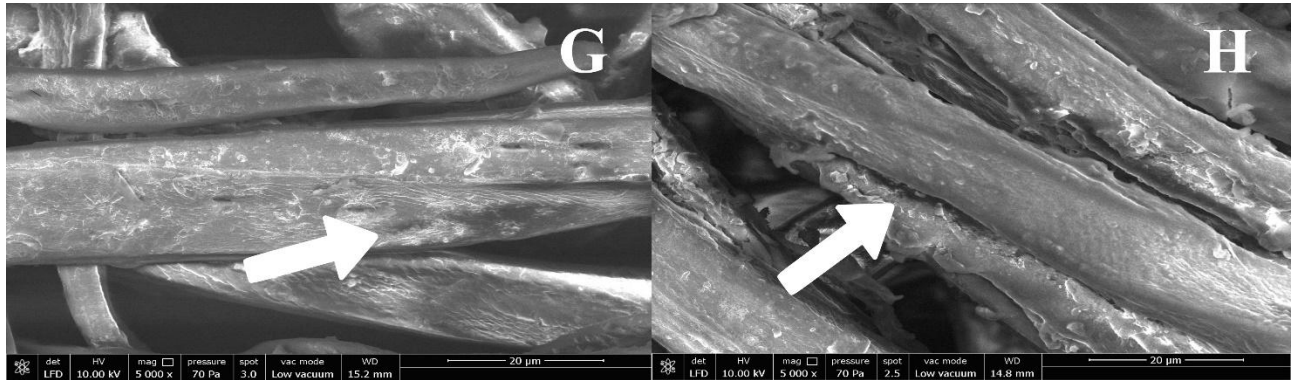
Genel olarak Çizelge 2'de yer alan bilgilere göre liflerin yüzey alanlarında azot miktarları işlem kimyasalının konsantrasyonu arttıkça azalmaktadır. Buradaki sonuçlar elementel analiz sonuçlarına benzer olmakla beraber G ve H grupları için elementel analizde azot miktarı yüzdeleri mevcut iken SEM EDS sonuçlarında bu iki gruba ait liflerin yüzey taramasında azot tespit edilememiştir. Bu durum temel olarak hidrotermal geri dönüşüm işlemi sonrası hidrolize uğrayan tutkal parçalarının lifler arasında yer almasına rağmen lif yüzeylerinden geri dönüşüm işlemi ve kimyasalın etkisi ile uzaklaştığını göstermektedir.

Çizelge 2. SEM EDS analiz sonuçları

Table 2. Results of SEM EDS analysis

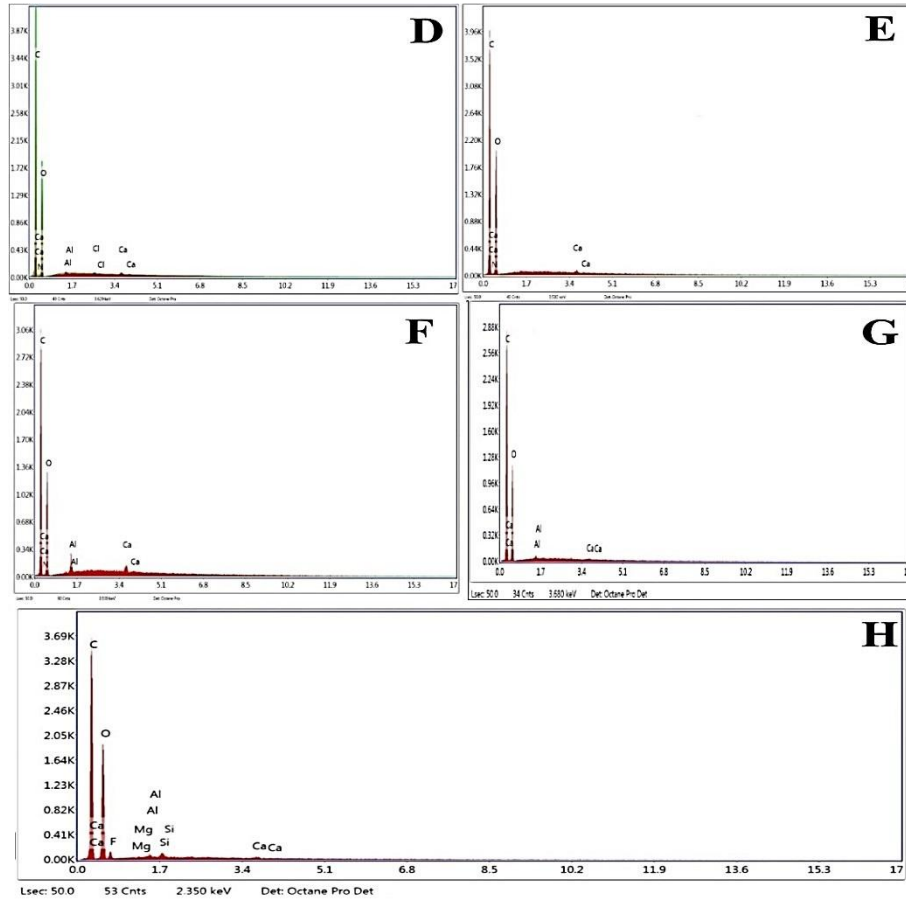
Numune Adı	C		N		O		Diğer*	
	Ağırlıkça %	Atomca %	Ağırlıkça %	Atomca %	Ağırlıkça %	Atomca %	Ağırlıkça %	Atomca %
D (%7,5)	56,39	63,13	2,67	2,56	40,21	34,22	0,23	0,08
E (%10)	52,13	59,03	2,81	2,73	44,93	38,19	0,13	0,04
F (%15)	55,46	62,46	2,40	2,32	41,13	34,78	1,00	0,44
G (%20)	57,72	64,63	n.d.	n.d.	41,91	35,23	0,37	0,14
H (%25)	55,00	62,47	n.d.	n.d.	41,40	35,30	3,59	2,25

n.d.: tespit edilemedi, * İlgili örnekte tespit edilen diğer (F, Mg, Al, Si, Cl, Ca) elementlerin toplam yüzdesi.



Şekil 5. %20 (G) ve %25 (H) konsantrasyonlarındaki çözelti ile işlem görmüş liflerin detaylı SEM fotoğrafları (zoom: 5000X; birim uzunluk 20 µm)

Figure 5. Detailed SEM photos of fibers treated with solutions at 20% (G) and 25% (H) concentrations (zoom: 5000X; scale bar 20 µm)



Şekil 6. SEM EDS analizi grafikleri (D %7,5, E %10, F %15 G %20, H %25)
Figure 6. SEM EDS analysis graphs (D 7.5%, E 10%, F 15%, G 20%, H 25%)

4. Sonuçlar

- Elementel analiz sonucunda azot miktarı açısından amonyum klorür kullanımının %7,5 konsantrayondan sonraki dozlarının uygulanabilir olduğu,
- FT-IR analizi sonuçlarına göre üre formaldehite ait dalga boylarında en çok değişiklik gösteren gruplar uygulanan çözelti konsantrasyonlarına göre sıralandığında %7,5, %10 ve %20 olduğu,
- SEM fotoğraflarına göre çözelti miktarı arttıkça liflerde morfolojik deformasyonların oluştuğu, Buna rağmen SEM EDS analizine göre %20 ve %25 konsantrasyonlardaki çözeltiler ile geri dönüştürülmüş liflerin yüzeylerinde tutkal artığına dair izlere rastlanmadığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak atık lif levhaların hidrotermal geri dönüşümünde amonyum klorürün yardımcı kimyasal olarak %20 ile %25 oranlarında kullanımın optimum olduğu tespit edilmiştir. Bu oranlardaki çözeltiler ile muamale edilerek hidrotermal geri dönüşüm yapılan liflerin yeniden levha üretiminde kullanılabilirliği, üretilecek levhaların fiziksel ve mekaniksel özelliklerine etkilerinin değerlendirilmesi Türkiye'nin levha sektöründeki öncü konumunu koruması açısından önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Antov, P., Savov, V., 2019. Possibilities for manufacturing eco-friendly medium density fibreboards from recycled fibres – a review. 30th International Conference on Wood Science and Technology - ICWST 2019, 12-13 December, Zagreb, Croatia, pp 18-24.
- Barnartt, S., 1986. Technical Note: High-temperature pH of dilute ammonia and ammonium chloride solutions and mixtures with strong alkali. Corrosion, 42(9):549-554. doi:10.5006/1.3583067
- Besserer, A., Troilo, S., Girods, P., Rogaume, Y., Brosse, N., 2021. Cascading recycling of wood waste: A review. Polymers, 13(11): 1752.
- Bütün Buschalsky, F.Y., Mai, C., 2021. Repeated thermo-hydrolytic disintegration of medium density fibreboards (MDF) for the production of new MDF. European Journal of Wood and Wood Products, 79 (6): 1451-1459.
- Çiçekler, M., Özdemir, A., Tutuş, A., 2022. Characterization of pulp and paper properties produced from okra (*Abelmoschus esculentus*) stalks. Drvna industrija, 73(4): 423-430.
- Demirkır, C., Çolak, S., 2006. Odun kökenli atıkların levha endüstrisinde yeniden kullanım imkanları. Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 7(1): 41-50.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nation), 2023. Forestry production and trade statistics. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>, Erişim: 11.11.2024.
- Fu, Q., Wang, X., Cloutier, A., Roussi re, F., 2020. Chemical characteristics of thermo-hydrolytically recycled particles. BioResources, 15(2): 3774.

- Gürsoy, S., Ayırmis, N., 2023. Effect of lignin modification of recycled and fresh wood fibers on physical, mechanical, and thermal properties of fiberboard. *Forests*, 14(10): 2007.
- Hagel, S., Joy, J., Cicala, G., Saake, B., 2021. Recycling of waste MDF by steam refining: evaluation of fiber and paper strength properties. *Waste Biomass Valorization*, 12: 5701–5713. <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01391-4>
- Lubis, M.A.R., Hong, M.K., Park, B.D., Lee, S.M., 2018a. Effects of recycled fiber content on the properties of medium density fiberboard. *European Journal of Wood and Wood Products*, 76: 1515–1526. <https://doi.org/10.1007/s00107-018-1326-8>
- Lubis, M.A.R., Hong, M.K., Park, B.D., 2018b. Hydrolytic removal of cured urea-formaldehyde resins in medium-density fiberboard for recycling. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 38 (1): 1–14.
- Lubis, M.A.R., Park, B.D., 2018. Analysis of the hydrolysates from cured and uncured urea-formaldehyde (UF) resins with two F/U mole ratios. *Holzforschung*, 72(9): 759-768.
- Lubis, M.A.R., Hidayat, W., Zaini, L.H., Park, B.D., 2020a. Effects of hydrolysis on the removal of cured urea-formaldehyde adhesive in waste medium-density fiberboard. *Jurnal Sylva Lestari*, 8(1): 1-9.
- Lubis, M.A.R., Park, B., Hong, M., 2020b. Tuning of adhesion and disintegration of oxidized starch adhesives for the recycling of medium density fiberboard. *Bioresources*, 15(3): 5156-5178. <https://doi.org/10.15376/biores.15.3.5156-5178>
- Moezzi-pour, B., Ahmadi, M., Abdolkhani, A., Doost-hoseini, K., 2017. Chemical changes of wood fibers after hydrothermal recycling of MDF wastes. *Journal of the Indian Academy of Wood Science* 14: 133–138. <https://doi.org/10.1007/s13196-017-0198-6>
- Moezzi-pour, B., Abdolkhani, A., Doost-hoseini, K., Ahmed-Ramazani, S.A., Tarmian, A., 2018. Practical properties and formaldehyde emission of medium density fiberboards (MDFs) recycled by electrical method. *European Journal of Wood and Wood Products*, 76 (4): 1287–1294. <https://doi.org/10.1007/s00107-018-1291-2>
- Olgun, Ç., Ateş, S., Uzer, E., 2023. Effects of medium density fiberboards (MDF) recycling methods on fiber dimensions and some reconstructed board properties. *Drvena industrija*, 74(1): 61-69. <https://doi.org/10.5552/drvind.2023.0037>
- Sala, C., Robles, E., Kowaluk, G., 2020. Influence of adding offcuts and trims with a recycling approach on the properties of high-density fibrous composites. *Polymers*, 12(6): 1327. <https://doi.org/10.3390/polym12061327>
- Savov, V., Antov, P., Panchev, C., Lubis, M.A.R., Lee, S.H., Taghiyari, H.R., Todorova, M., Petrin, S., 2023a. Effect of hydrolysis regime on the properties of fibers obtained from recycling medium-density fiberboards. *Fibers*, 11(7): 64.
- Savov, V., Antov, P., Panchev, C., Lubis, M.A.R., Taghiyari, H.R., Lee, S.H., Kristak, L., Todorova, M., 2023b. The impact of hydrolysis regime on the physical and mechanical characteristics of medium-density fiberboards manufactured from recycled wood fibers. *Fibers*, 11(12): 103.
- Troilo, S., Besserer, A., Rose, C., Saker, S., Soufflet, L., Brosse, N., 2023. Urea-formaldehyde resin removal in medium-density fiberboards by steam explosion: developing nondestructive analytical tools. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(9): 3603-3610. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c05686>
- Zeng, Q., Lu, Q., Zhou, Y., Chen, N., Rao, J., Fan, M., 2018. Circular development of recycled natural fibers from medium density fiberboard wastes. *Journal of Cleaner Production*, 202: 456-464. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.166>

Biyolojik çeşitliliği korumak için yeni bir politika aracı: Diğer etkili alan bazlı koruma önlemleri

Yunus Aydın^a, Ayhan Akyol^{b,*}

Öz: Korunan alan uygulamaları, biyoçeşitlilik kaybının önlenmesi için dünyada yaygın olarak tercih edilen alan temelli bir koruma önlemidir. Ancak korunan alanların yaklaşık bir asırdır birincil koruma stratejisi olmasına rağmen, biyolojik çeşitliliğin azalmakta olduğu ve istenilen koruma hedeflerine ulaşılmasında bu araçların yeterli olamayacağı gerçeği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, bu alanlar için ek farklı koruma araçlarının geliştirilmesi çabaları başlatılmıştır. Bu gelişmeler kapsamında Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesine taraf olan ülkeler, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımı için belirlenen küresel amaç ve hedeflere ulaşma aracı olarak geleneksel korunan uygulamalarının yanına “Diğer Etkili Alan Bazlı Koruma Önlemleri” (OECMs: Other Effective Area-Based Conservation Measures-2010) de eklemişlerdir. Bu çalışmada biyolojik çeşitlilik kaybı ile mücadelede yeni bir in-situ koruma yaklaşımı olarak ortaya çıkan OECMs kavramının; tanımı, tarihçesi, koruma değerleri, güncel uygulamalar, biyolojik çeşitliliği korumadaki rolü ve sağlayacağı katkılar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Doğayı insanlarla birlikte koruma anlayışı içeren OECMs’ler, daha geniş katılımı daha geniş alanlarda biyoçeşitliliğin korunması fırsatını yaratmaktadır. Ayrıca OECMs alanlarının sadece kendi aralarında değil, korunan alanlar arasında da bağlantılar sağlayarak küresel koruma sistemlerinin genel etkinliğini artıracak değerlendirilmektedir. OECMs’lerin, korumanın temel taşı olan “Korunan Alanlar” için rakip bir araç olmadığı aksine mevcut koruma sistemine önemli katkı sağlayacağı ve tamamlayıcı bir rol oluşturacağı ortaya çıkmaktadır. Türkiye açısından ise OECMs tanımı ve kriterlerini karşılayabilecek birçok karasal ve deniz alanının var olabileceği değerlendirilmektedir. Ancak, bu yeni koruma aracının hem küresel hem de yerel düzeyde yaygınlaşmasını sağlayacak politikalara, rehberliklere, finansal desteklere ve araştırmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Alan bazlı koruma, Biyoçeşitlilik, Koruma politikaları, Korunan alanlar, OECMs

A new policy tool for conserving biodiversity: Other effective area-based conservation measures

Abstract: Protected areas are an area-based conservation measure that is widely preferred in the world to prevent biodiversity loss. However, although protected areas have been the primary conservation strategy for nearly a century, it is becoming clear that biodiversity is decreasing and that these tools will not be sufficient to achieve the desired conservation goals. Therefore, efforts have been initiated to develop additional different conservation tools for these areas. Within the scope of these developments, countries that are party to the United Nations Convention on Biological Diversity have added OECMs (Other Effective Area-Based Conservation Measures-2010) to traditional protected areas applications as a tool to achieve the global goals and targets determined for the conservation and sustainable use of biodiversity. In this study, the definition, history, conservation values, current practices, role in biodiversity conservation and contributions of the OECMs concept, which has emerged as a new in-situ conservation approach in combating biodiversity loss, have been tried to be presented. OECMs, which include the concept of protecting nature together with people, create the opportunity to protect biodiversity in wider areas with wider participation. In addition, it is evaluated that OECMs areas will increase the overall effectiveness of global protection systems by providing connections not only among themselves but also between protected areas. It is revealed that OECMs are not a rival tool for “Protected Areas”, which are the cornerstone of protection, but on the contrary, they will make a significant contribution to the current protection system and create a complementary role. In terms of Turkey, it is evaluated that there may be many terrestrial and marine areas that can meet the OECM definition and criteria. However, there is a need for policies, guidance, financial support and research that will ensure the dissemination of this new protection tool at both global and local levels.

Keywords: Area based conservation, Biodiversity, Protection policies, Protected areas, OECMs

1. Giriş

Küresel çevre problemlerinin özellikle son 50 yılda artması ve daha sık gündem olmasıyla birlikte uluslararası ölçekte çözüm arayışları da hız kazanmıştır. Bu kapsamda uluslararası seviyede birçok ülkenin katılmış olduğu zirve,

toplantı, konferans düzenlenmiş ve bazılarının sonucunda tarafların ortak aldığı kararlar ile bildirgeler, sözleşmeler, eylem planları, hedefler, amaçlar, protokoller, stratejiler (Birleşmiş Milletler; Biyolojik Çeşitlilik, İklim Değişikliği Çerçeve, Çölleşme ile Mücadele Sözleşmeleri, Viyana Sözleşmesi, BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine

^a Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Kavaklıdere Meslek Yüksek Okulu, Ormancılık Bölümü, Muğla

^b İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, İzmir

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): ayhan.akyol@ikcu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.03.2025, **Accepted** (Kabul tarihi): 29.04.2025



Citation (Atıf): Aydın, Y., Akyol, A., 2025. Biyolojik çeşitliliği korumak için yeni bir politika aracı: Diğer etkili alan bazlı koruma önlemleri. Turkish Journal of Forestry, 26(2): 182-189. DOI: [10.18182/tjf.1653518](https://doi.org/10.18182/tjf.1653518)

Yönelik Kyoto Protokolü vb.) geliştirilmiştir (Hakverdi, 2020; Aydın ve Akyol, 2024). Özellikle 20. yüzyılın sonlarına doğru önde gelen çevresel problemlerin başında, biyolojik çeşitlilik kaybı ve yok olması kendini göstermektedir. Yapılan birçok bilimsel çalışma, küresel değerlendirme ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına kendini adanmış küresel kuruluşlar (WWF, IUCN vb.) biyoçeşitliliğin ekosistemlerin işlevleri ve hizmetleri için gerekli olduğu ve canlı çeşitliliğinde yaşanacak kayıpların ciddi sonuçları olabileceği konusunda, tüm taraflarda (birey, topluluk, hükümet, devlet, birlik vs.) bir anlayış gelişmesine yardımcı olmuştur (Ash ve Jenkins, 2007; Skogen vd., 2018). Nihayetinde biyolojik çeşitlilik kaybına ilişkin duyulan endişeler ve oluşan hassasiyet, uluslararası ve çok katılımcılı seviyede düzenlenen ve önemli bir tarihsel zirve olan 1992 yılı BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda (Rio de Janeiro), yasal bir çerçeve sunan Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'nin (The Convention on Biological Diversity (CBD)) imzalanmasını sağlamıştır (Wood vd., 2000). BM Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'nin temel amacı; sürdürülebilir şekilde biyolojik çeşitliliğin korunmasını, genetik kaynakların kullanımını ve sağladığı faydaların dünyada tüm taraflar için eşit ölçekli paylaşımını içeren ulusal/uluslararası strateji, eylem ve programların geliştirilerek sürecin yönetilmesinden oluşmaktadır (Leveque ve Mounolou, 2023). Neredeyse evrensel bir katılımı ortaya çıkan CBD, biyolojik çeşitliliğin korunması için "Korunan Alanlar (KA)" temel bir mekanizma olarak tanımlayarak sözleşmenin in-situ koruma başlığı altında (8. madde) "*Biyolojik çeşitliliğin korunması için özel önlemlerin alınması gereken alanlar veya korunan alanlar sisteminin oluşturulmasını*" tüm taraflar için vurgulamıştır (The Secretariat for CBD, 2011; MacKinnon vd., 2015).

Korunan alan uygulamaları her ne kadar çok eski tarihlere dayansa da 19. yüzyılın sonlarından itibaren günümüz anlayışıyla oluşturulmaya başlanmıştır (Yücel ve Babuş, 2005; Yeşil, 2016; He ve Min, 2022). 1872 yılında dünyanın ilk milli parkının ilan edilmesinin ardından (ABD-Yellowstone Milli Parkı) birçok kıtada (Kuzey Amerika, Avrupa, Avustralya ve Güney Afrika), öncelikle ikonik manzaralara veya yaban hayatına sahip yerleri korumak amacıyla birçok korunan alan oluşturulmuştur (Kurdoğlu, 2007; Gurney vd., 2023). Korunan alan sayıları ve kapsama alanı devam eden süreçte giderek artmıştır. Yaklaşık 30 yıl önce ortaya çıkan CBD'den buyana ise KA'lar (milli park, doğa rezervleri, yabanıl alanlar, tabiat anıtı, habitat/tür yönetim alanı vb.) katlanarak genişlemiştir. Ancak küresel olarak artan kapsamına rağmen korunan alanların, tür ve ekosistem kayıplarını istenilen ölçüde azaltılmasını ve durdurulmasını sağlayamadığı da bilimsel araştırmalarca ortaya konulmaktadır (Alkan ve Korkmaz, 2009; Butchart vd., 2010; Lemieux vd., 2022; Cook, 2024).

Korunan alanlar yaklaşık bir asırdır biyolojik çeşitlilik koruma stratejisinde birincil tercih olmasına rağmen, biyolojik çeşitliliğin azalmakta olduğu gerçeği koruma hedeflerine ulaşılmasında bu araçların yeterli olmadığını ortaya koymuş ve yeni araçlar geliştirilmesi için çeşitli girişimler başlatılmıştır. Yapılan bilimsel çalışmalar, resmi tanımları ve statüleri olan geleneksel alan bazlı koruma (KA (milli park, doğa rezervleri, vahşi doğa alanları vb.) ile gerçekleştirilen doğa koruma çalışmalarının haricinde, günümüzde biyolojik çeşitliliğin etkili bir şekilde ve yerinde korunmasını, diğer bir ifadeyle in-situ korumanın sağlanabildiğini belirlemiştir (IUCN-WCPA Task Force on

OECMs, 2019; Dudley ve Stolton, 2020). Sonuç olarak son yıllarda yasal olarak bir koruma statüsüne sahip olmasa da mevcut alan yönetimi (birincil ve/veya ikincil yönetim amacı koruma veya hiçbir yönetim amacı ve amacı koruma olmayan) sayesinde biyolojik çeşitliliğin yerinde ve sürdürülebilir korunmasını sağlayan birçok saha olduğu ve bunda koruma topluluğunca yeni bir koruma yaklaşımı olarak kabul edilebileceği değerlendirilmiştir. "Diğer Etkili Alan Bazlı Koruma Önlemleri (Other Effective Area-Based Conservation Measures (OECMs))" olarak ifade edilen bu yeni koruma anlayışı küresel boyutta gelişmeye başlamıştır (Laffoley vd., 2017; Lemieux vd., 2022). Bu gelişmeler ışığında Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesine (BMBÇS) (UN Convention on Biological Diversity (UNCBD)) taraf olan ülkeler, biyolojik çeşitliliğin korunması ve belirlenen küresel amaç ve hedeflere ulaşma amacı olarak geleneksel KA uygulamalarının yanına OECMs'leri de ilave ederek koruma araçlarını genişletmişlerdir (Jonas vd., 2021).

Bu çalışmanın amacı; dünyada alan bazlı korumada yeni bir paradigma olan OECMs kavramını irdeleyerek, mevcut durumu ortaya koymak ve özellikle korunan alanlardan farklı olarak biyolojik çeşitliliği koruma yaklaşımını değerlendirmektir. Ayrıca, OECMs'lerin ülkemiz açısından uygulanabilirliğini ortaya koyarak sahip olduğumuz zengin biyolojik çeşitliliğin daha geniş alanlarda, insan-doğa uyumu içerisinde sürdürülebilirliğinin desteklenmesi amaçlanmıştır.

2. Diğer etkili alan bazlı koruma önlemleri (OECMs)-Kavramsal çerçeve

Biyolojik çeşitliliğin korunması özellikle 20. yüzyılın son çeyreğinde küresel çevre politikalarının ana konularından biri olmuştur. Geleneksel olarak, milli parklar ve doğa rezervleri gibi "Korunan Alanlar (KA)" uygulamaları, biyolojik çeşitliliğin korunması için ilgili tüm taraflarca genellikle ilk seçenek olmuştur (He ve Min, 2022; Adams vd., 2023). Ancak son zamanlarda türleri ve ekosistemleri tam olarak korumak için ölçek, bağlantı ve yönetim açısından KA'ların yetersiz kaldığı ortaya çıkmaktadır (Dudley vd., 2018; Garcia vd., 2022; Dalton vd., 2023). Diğer yandan resmi statülü korunan alanlar haricinde yönetimin birinci amacının koruma olmadığı veya hiçbir amacın doğrudan koruma hedefi olarak belirlenmediği bazı alanlardaki yönetim mekanizmalarının (yerli bölgeleri, özel araziler, topluluk tarafından yönetilen alanlar ve korumanın amaçlanmadığı veya ikincil bir etki olarak ortaya çıktığı diğer arazi kullanımları vb.) yerinde ve uzun vadeli biyolojik çeşitliliği koruma çıktısı sağladığı değerlendirilmiştir (Dudley vd., 2018; He ve Min, 2022). Böylelikle korumaya yönelik daha esnek ve kapsayıcı bir yaklaşım sunan OECMs'ler ortaya çıkmıştır. Diğer etkili alan bazlı koruma önlemleri, biyolojik çeşitliliğin korunmasında bir paradigma değişimini temsil etmekte ve koruma sonuçlarının elde edildiği çeşitli kara ve deniz alanlarını kapsayacak şekilde resmi statülü korunan alanların ötesine geçmektedir (Cook, 2024). Geleneksel korunan alanların küresel koruma hedeflerine ulaşmadaki sınırlamalarına yanıt olarak ortaya çıkan bu fikir; 2020 yılına kadar karasal ve iç su alanlarının en az %17'sinin ve deniz ve kıyı alanlarının %10'unun "**Korunan Alanlar**" ve "**Diğer Etkili Bazlı Koruma Önlemleri**" yoluyla korunmasını amaçlayan Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (CBD) kapsamındaki Aichi Biyolojik Çeşitlilik Hedeflerinin (Hedef 11) kabul edilmesiyle resmi olarak tanınmıştır (CBD, 2010). KA ile

OECM'leri birbirinden ayıran en temel özellik ise KA'ların birincil hedefi koruma iken, OECM'in birincil hedefi koruma olabileceği gibi, farklı bir yönetsel bir faaliyetin yan ürünü olarak da biyoçeşitliliğin korunmasına yönelik sonuçlar sağlayabilmesidir (Jonas vd., 2017; Maxwell vd., 2020; Alves-Pinto vd., 2021;). Özetle; KA'da hedef/amaç koruma iken OECMs'lerde çıktı, koruma olmaktadır. Öncesinde korunan alanlar vasıtasıyla yapılan koruma çabaları artık resmi koruma alanı ağının dışında bulunan ve biyoçeşitliliğin korunması açısından önemli sonuçlar elde edilen OECMs sahaları ile genişlemiştir.

Her ne kadar 2010 yılında OECMs'ler yeni bir koruma anlayışı olarak kabul görmeye başlasa da bu aracının resmi bir tanımdan yoksun olması küresel ölçekte alan uygulamalarının yavaş ilerlemesine neden olmuştur. Bu durumun farkına varan CBD ve Uluslararası Doğayı ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN)) gibi koruma örgütleri, OECM'lerin nasıl tanımlanacağı ve küresel koruma stratejilerine nasıl entegre edileceği konusunda tartışmalar başlatmıştır (Jonas vd., 2018). Özellikle CBD teknik rehberlikler oluşturmak için IUCN'i ortak çalışmaya davet etmiştir. IUCN 2014 yılından itibaren bir görev ekibi kurarak ilgili konu hakkında birçok araştırma, toplantı, bilimsel çalışma yapmış ve çıktılar doğrultusunda oluşturmuş olduğu raporları, önerileri ve hazırladığı taslak rehberleri BMBÇS taraflarına sunmuştur (Jonas vd., 2018; Donald vd., 2019). Nihayetinde 2018 CBD Taraflar Konferansı'nda (COP 14), OECM'lere ilişkin ilk net tanım ve uygulama kılavuzu hazırlanmıştır (CBD, 2018).

Korunan alanlar haricinde, uzun vadeli olarak biyolojik çeşitliliğin etkili bir şekilde ve yerinde korunmasını sağlayan "Diğer Etkili Alan Bazlı Koruma Önlemleri (OECMs)" 14. Taraflar Konferansı'nda;

"Biyolojik çeşitliliğin yerinde korunması için olumlu ve sürdürülebilir uzun vadeli sonuçlar elde edecek şekilde, ilişkili ekosistem işlevleri ve hizmetlerinin uygulanabilir olduğu yerlerde, kültürel, manevi, sosyo-ekonomik ve yerel olarak ilgili diğer değerlerle idare edilen ve yönetilen, korunan alanlar dışında kalan coğrafi olarak tanımlanmış bir alan." olarak tanımlanmıştır.

Benzer şekilde, diğer etkili alan tabanlı koruma önlemi terimi, korunan bir alan içinde olmayan, adil yönetim ve idare altında, uzun vadeli biyolojik çeşitliliğin korunmasını sağlayan coğrafi bir alanı tanımlar. OECM'ler, Yerli halklar ve yerel topluluklar, devlet kurumları, sektörel aktörler, özel kuruluşlar ve bireyler de dahil olmak üzere çeşitli hak sahipleri ve aktörler tarafından yönetilebilir (WWF, 2025). Bu tanımlar, OECM'lerin geleneksel korunan alanlardan farklı olduğunu, öncelikle koruma (birincil amaç) için belirlenmediklerini, ancak yine de biyoçeşitliliğin korunmasına etkili bir şekilde katkıda bulunduklarını vurgulamaktadır. KA tanımı incelendiğinde, koruma hedeflerinin belirlenmesi ve bu alanların coğrafi olarak tanımlanması açıkça ifade edilmektedir. Hatta IUCN, korunan alan tanımında; alan yönetiminin uzun vadeli olmasını ve doğanın korunmasına yönelik daha açık bir hedef içermesi gerektiğini ön plana çıkarmaktadır (Dudley, 2008). IUCN için, yalnızca ana amacın doğayı uzun vadeli korumak olduğu alanlar korunan alanlar olarak kabul edilmekle birlikte, aynı düzeyde başka hedefleri (kültürel, manevi, turistik vb.) olan birçok alan da korunan alan olarak kabul edilmektedir (Stolton ve Dudley, 2010; Dudley ve Stolton, 2016). Ancak, çatışma durumunda IUCN önceliği doğa korumaya vermektedir (Lausche, 2011). OECM'lere örnek olarak; yerli topluluklar tarafından yönetilen kutsal doğal alanlar, gemi enkazları, ticari/üretim faaliyetlerine konu edilmeyen doğal orman alanları, sörf bölgeleri, balıkçılık düzenlemelerinin bir sonucu olarak koruma sonuçlarının elde edildiği sürdürülebilir balıkçılık bölgeleri, biyoçeşitlilik odaklı yönetim ile özel mülkiyete ait araziler, kısıtlı insan faaliyetleri nedeniyle biyolojik çeşitliliğin korunduğu askeri bölgeler veya tampon alanlar verilebilmektedir. OECM'ler dört yönetim türünün (devlet, özel, yerli ve topluluk ve ortak yönetim) tümü tarafından yönetilebilir ve biyoçeşitliliği içeren ve içermeyen yönetim hedeflerinden doğabilmektedir. OECMs olarak tanınacak bir sahada biyoçeşitliliğin korunması ile sonuçlanabilecek üç farklı yönetim amacı karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda olumlu koruma çıktısı sağlayabilecek koruma yaklaşım türlerine Çizelge 1'de yer verilmiştir (Jonas vd., 2017; 2024).

Çizelge 1. OECMs'lerde etkili koruma sağlayan yaklaşım türleri

Table 1. Types of approaches that provide effective protection in OECMs

Koruma yaklaşımı	Açıklama
Birincil koruma	Saha, IUCN'nin KA tanımının tüm prensiplerini karşılar, ancak herhangi bir nedenle alandan sorumlu yönetim yetkilisi veya yetkilileri alanın resmi olarak tanınmasını veya rapor edilmesini istemeyebilir. Örnek; bazı durumlarda yerli halklar ve yerel topluluklar, yönettikleri yüksek biyoçeşitlilik değerine sahip alanların korunan alan olarak belirlenmesini veya hükümet tarafından korunan alan verisi olarak kaydedilmesini istemeyebilir. Ayrıca bir alanın, OECM kriterlerini karşılaması durumunda yönetim yetkilisi, alanın OECM olarak tanınmasını engelleme veya buna izin verme hakkına sahiptir.
İkincil koruma	Alandaki aktif yönetiminin birincil hedefi biyoçeşitlilik sonucu içeren bir çıktı olmayabilir. Bu hedef ikincil bir yönetim hedefi olarak belirlenebilir. Örneğin; kalıcı havza koruma politikaları ve yönetimine sahip alanlar öncelikli olarak biyoçeşitliliği koruma dışındaki amaçlar için yönetilse bile, havzalardaki biyolojik çeşitliliğin etkili bir şekilde korunmasıyla sonuçlanabilir. Ayrıca "Korunan Alanlar" veya diğer alanlar arasında ekolojik bağlantı sağlamayı başaran sahalardan biyoçeşitliliği yüksek olan ve dolayısıyla yaşayabilirliklerine katkıda bulunanlar da OECM olarak nitelendirilebilir.
Yardımcı koruma	Alanda, yönetim hedeflerinin hiçbirisi biyolojik çeşitliliğin korunmasını amaçlamasa da yönetim faaliyetlerinin bir yan ürünü olarak yerinde koruma sağlayan alanları ifade eder. Örneğin; gemi enkazları, petrol boru hattı, sörf merkezleri, askeri sahalara, kutsal alanlar vb.

Ayrıca bir alanın OECM olarak tanınması ve koruma faydaları sağladığından emin olmak için belirli kriterleri karşılaması gerekir. IUCN-WCPA Kılavuzuna (2019) göre, OECM'leri tanımlamak için 4 temel kriter aşağıda açıklanmıştır (IUCN-WCPA Task Force on OECMs, 2019; Hoesen vd., 2023):

Alan şu anda korunan alan olarak tanınmamaktadır: Korunan alanlar olarak belirlenmiş veya korunan alanlar içinde yer almayan alanların OECM olarak tanınması veya rapor edilmesi gerektiği anlamına gelir.

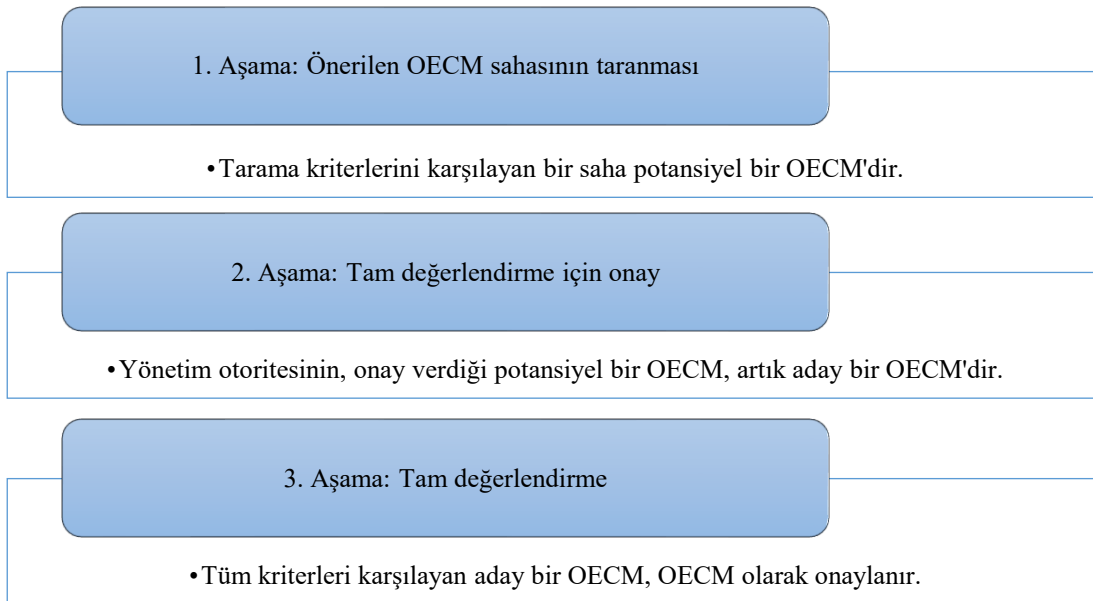
İdare ve yönetim: Alan, hükümetleri, yerli halkları, yerel toplulukları, özel kuruluşları veya birden fazla paydaş arasındaki iş birliklerini içerebilen tanımlanabilir bir yönetim sistemi tarafından yönetilmelidir. Alanın pozitif ve sürekli uzun vadeli biyolojik çeşitlilik sağlayacak şekilde yönetildiğini belirtir. Ayrıca bir OECM, haritalarda tanımlanabilen ve yönetim makamları tarafından tanınan net sınırlara sahip olmalıdır.

Etkili ve uzun vadeli koruma sonuçları: Biyoçeşitliliğin korunması kasıtlı olmalı veya mevcut yönetimin dolaylı bir sonucu olmalıdır. Bu sonuçlar uzun vadede sürdürülebilir olmalı ve ani veya öngörülebilir bozulmaya maruz kalmamalıdır (IUCN-WCPA Task Force on OECMs, 2019). OECM'ler koruma açısından önem taşıyan türleri ve habitatları desteklemeli, ekosistem işlevlerine katkıda bulunmalı ve Kunming-Montreal Küresel Biyoçeşitlilik Çerçevesi (2022) gibi küresel koruma öncelikleriyle uyumlu olmalıdır.

İlişkili ekosistem işlevleri ve hizmetleri ile kültürel, manevi, sosyo-ekonomik ve yerel olarak ilgili diğer değerler: OECM'ler, kilit türlerin ve habitatların korunması ve biyolojik çeşitliliğin yönetiminin kültürel, manevi sosyo-ekonomik ve yerel olarak ilgili diğer değerler ve uygulamaların bir parçası olarak gerçekleştirilebileceği alanları içerir.

Bir OECM'in tanımlanabilmesi için temel 4 kriterin altında, 26 alt kriterden oluşan 10 kategorili saha düzeyinde bir değerlendirme sistemi bulunmaktadır (CBD, 2018). Bir alanın OECMs olarak değerlendirilebilmesi için 26 alt kriteri karşılayan üç aşamalı bir tarama ve değerlendirme sürecini tam olarak karşılaması gerekmektedir. Özellikle üçüncü aşama biyolojik çeşitlilik değerlerinin birçok uluslararası normda karşılanmasını ve kanıtlanmasını içeren detaylı bir tam değerlendirme sürecine sahiptir. Bu aşamaları geçen bir saha ise OECM olarak onaylanır (Şekil 1) (Jonas vd., 2024). Tüm aşamaları başarı ile geçen OECMs sahalarının "The UN Environment Programme-World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC)" tarafından yönetilen ve geliştirilen "World Data Other Effective Area-Based Conservation Measures (WDOECM)" veri tabanına tekliflerinin yapılması ile de uluslararası süreç tamamlanmaktadır.

Sonuç olarak, Aichi hedefleri 2020 yılında son bulsa da Kunming-Montreal Küresel Biyoçeşitlilik Çerçevesi (2022) günümüzde daha da iddialı bir hedef belirlemiştir. 2030 yılına kadar dünya kara ve okyanuslarının %30'unu korumak (30x30) ve bunu başarmak için esnek koruma fırsatları sağlayan OECMs'ler geleneksel KA'ları tamamlayan kilit bir mekanizma olarak gündemini korumaktadır (CBD, 2022).



Şekil 1. OECMs değerlendirme süreci

Figure 1. OECMs assessment process

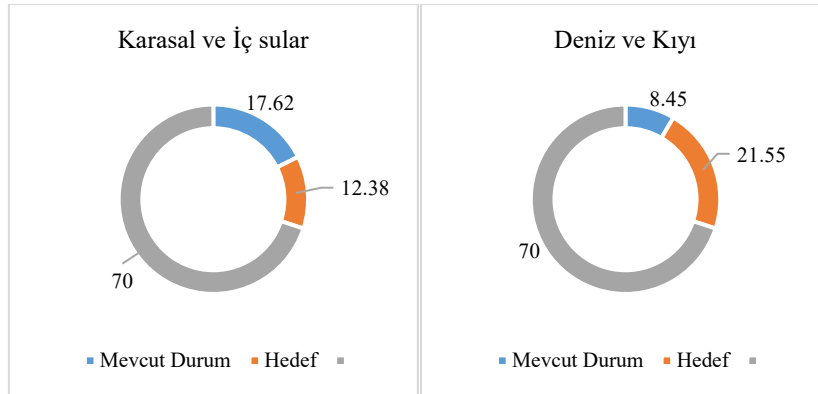
3. Diğer etkili alan bazlı koruma önlemleri ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri

OECM'ler son yıllarda uluslararası koruma hedeflerine ulaşmak için önemli bir araç haline gelmiştir. Yeni koruma aracının önemi özellikle Aichi Biyoçeşitlilik Hedefleri (2011-2020) ve Kunming-Montreal Küresel Biyoçeşitlilik Çerçevesi (2022) bağlamında daha da belirginleşmiştir (CBD, 2010; 2018; 2022). OECM'ler, resmi koruma ağlarının dışındaki etkili biyoçeşitlilik alanlarını tanıyarak ve entegre ederek koruma kapsamının genişletilmesine yardımcı olmuştur (Jonas vd., 2014; 2024; Adams vd., 2023). Ayrıca OECM'ler sadece yaban hayatına ve ekosistemlere fayda sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda insan refahını da artırmaktadır. Birçok OECM korumayı sürdürülebilir tarım, balıkçılık ve ormancılıkla bütünleştirerek yerel toplulukların biyolojik çeşitliliği korurken doğal kaynaklardan yararlanmaya devam edebilmelerini desteklemektedir (IUCN-WCPA Task Force on OECMs, 2019). Kutsal alanlar ve geleneksel avlanma alanları gibi yerli halkın öncülük ettiği koruma çabaları ise biyolojik çeşitliliği bir yandan korurken, kültürel ve manevi faydalar sağlamaktadır. OECM'ler bozulmamış ekosistemleri koruyarak iklimi düzenlemeye, karbon depolamaya, sel ve kuraklık gibi aşırı hava olaylarının risklerini azaltmaya da yardımcı olmaktadır. 2015 yılında kabul edilen ve 2030 yılına kadar yoksulluğun azaltılmasından çevrenin korunmasına, barış ve adaletten güçlü kurumlara kadar uzanan 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SKH) kapsamında, 11 hedef ile OECMs'lerin arasında güçlü bağlantı kurulmaktadır. Biyoçeşitliliğin korunmasıyla açıkça bağlantılı çeşitli SKH'lerin gerçekleştirilmesi ve sürdürülmesinde (SKH 15-Karasal Yaşam, SKH 14-Sudaki Yaşam, SKH 2-Açlığa Son, SKH 6-

Temiz Su ve Sıhhi Koşullar, SKH 13-İklim Eylemi, SKH 1-Yoksulluğa Son, SKH 3-Sağlıklı Bireyler, SKH 10-Eşitsizliklerin Azaltılması, SKH 5-Toplumsal Cinsiyet Eşitsizliği, SKH 11-Sürdürülebilir Şehir ve Yaşam Alanları, SKH 16-Barış, Adalet ve Güçlü kurumlar) OECMs'lerin kilit bir role sahip olacağı değerlendirilmektedir (Dudley vd., 2022).

Diğer yandan Dünya, entegre koruma planlamasına doğru ilerledikçe, bütüncül bir koruma geleceği açısından OECM'lerin rolü daha da önemli hale gelmektedir. Korunan alanlar ve OECM'lerden oluşan bir ağ, daha geniş ve birbirine bağlı koruma alanları yaratacaktır (Mackinnon vd., 2021; Marnewick vd., 2021). Parçalanmış habitatları birbirine bağlayarak ekolojik bağlanabilirliği arttıracak ve yerli toplulukları, özel sektör aktörlerini ve yerel paydaşları da dahil ederek yönetim yaklaşımlarını çeşitlendirecektir. Koruma etkisini katı koruma bölgelerinin ötesine taşıyarak biyoçeşitliliğin çoklu arazi kullanım türlerinde gelişmesini sağlayan OECMs'lerin, biyolojik çeşitliliğin korunmasına diğer bir ifadeyle yaşamın korunmasına çok önemli katkılarda bulunmakta olduğu değerlendirilmektedir (Jonas ve Sandwith, 2019; Jonas vd., 2021).

Biyolojik çeşitliliğe yönelik tehditleri azaltmak için uygulamada olan OECMs'ler karasal ve deniz alanlarında artmaya devam etmektedir. Yapılan son çalışmalara göre 2019 yılından itibaren raporlama sürecine giren OECMs'ler, Kunming-Montreal Küresel Biyoçeşitlilik Çerçevesi Hedef 3 için küresel ilerlemeye karasal koruma kapsama alanında %1.18, deniz koruma kapsama alanında %0.11 oranında katkıda bulunmaktadırlar. Karasal ve iç sular için KA ve OECM toplamı %17.62, deniz ve kıyı KA ve OECM toplamı ise %8.45'tir (Şekil 2) (UNEP-WCMC ve IUCN, 2025).



Şekil 2. Küresel koruma hedefi (%30) kapsamında mevcut ilerleme
Figure 2. Current progress towards the global conservation target (30%)

4. Sonuç ve öneriler

OECM'lerin ortaya çıkışı küresel koruma politikalarında önemli bir değişimi temsil etmektedir. Korunan alanlar önemini korumakla birlikte, OECM'ler resmi KA ağları dışındaki etkili koruma çabalarını tanıyarak biyolojik çeşitliliğin korunmasındaki kritik boşlukları doldurmakta ve koruma çabalarına katkı sağlamaktadırlar. Ayrıca küresel koruma çabalarının genişletilmesi için kapsayıcı ve uyarlanabilir bir çerçeve sunan OECMs'ler; esnekliği, yönetim çeşitliliği, korumayı sürdürülebilir arazi kullanımıyla bütünleştirme becerisini ekolojik etkinlik ilkelerinden ödün vermeden sağlayarak, biyolojik çeşitliliği koruma hedeflerine ulaşmada değerli bir araç haline gelmektedir. Dünya 30x30 gibi iddialı koruma hedeflerine doğru ilerlerken, OECM'lerin ulusal ve uluslararası stratejilere entegre edilmesi hem biyoçeşitliliğin hem de insan refahının korunması açısından önem taşımaktadır.

“Diğer Etkili Alan Bazlı Koruma Önlemleri” olarak adlandırılan bu yeni koruma anlayışı küresel boyutta gelişmeye başlamıştır. Bu gelişmeler kapsamında CBD'ye taraf olan ülkeler, biyolojik çeşitliliğin korunması ve belirlenen küresel hedeflere ulaşma aracı olarak geleneksel KA uygulamalarının yanına OECMs'leri de (2010 yılında) ekleyerek yeni koruma araçları geliştirmeye çalışmaktadırlar. Dünyanın dört bir yanında uygulamaya geçen bu yeni koruma anlayışının ülkemizde de biyolojik çeşitliliği korumak adına, ilan edilen geleneksel KA araçlarının yanına ilave edilmesiyle koruma ağının genişletilmesi önem arz etmektedir. Konu ülkemiz için yeni olmakla birlikte taraf olduğumuz uluslararası sözleşmeler kapsamında karasal sistemlerden orman ekosistemleri için de bilimsel çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu çerçevede Muğla İli özelinde yapılan “Doğa Korumada Yeni Bir Paradigma Olan Diğer Etkili Alan Bazlı Koruma Önlemlerinin (OECMs) Türkiye İçin Değerlendirilmesi” başlıklı doktora çalışması devam eden önemli bir çalışmadır. Yapılan bu çalışmanın ilk sonuçlarına göre ve çok az sayıdaki diğer çalışmalardan hareketle, Türkiye’de OECMs tanımı ve kriterlerini karşılayabilecek karasal ve deniz alanlarının bulunabileceği değerlendirilmektedir (Tosunoğlu vd., 2022). Ancak OECMs'lerin ulusal ölçekte tanımlanmasını ve raporlanmasını sağlayacak politikaların, mevzuatın ve kılavuzların geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi adına hem uygulayıcılar hem de kurumlar arasında yetki karmaşasına neden olmadan, konu ile sorumlu bir kurum belirlenerek tüm çalışmaların tek elden yürütülmesi önem taşımaktadır. Ülkemizde biyolojik çeşitliliğin korunması adına resmi mevzuat gereği birçok görevi bulunan ve özellikle korunan alanların yönetiminden sorumlu kamu kuruluşu olan Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü’nün koruma ağlarının genişletilmesi kapsamında OECMs'ler ile ilgili (tüm taraflarla iş birliği içerisinde) her türlü iş ve işlemlerden sorumlu kuruluş olması, ilgili kurumun teşkilat yapısı, uzmanlık alanı ve kurumsal tarihi göz önüne alındığında doğru bir politika olacağı tarafımızca değerlendirilmektedir.

Son olarak önemle üzerinde durulması gereken diğer bir nokta ise OECM'lerin, Hedef 3'ün kritik bir parçası olan korunan alanlara bir alternatif ya da onların yerine geçecek bir unsur olmadığıdır. OECM'lerin belirlenmesi ve raporlanması; korunan alanların belirlenmesi, adil ve etkin bir şekilde yönetilmesi yerine değil, mevcut koruma ağına destek olması ve geliştirilmesine katkı sunmayı

hedeflemektedir. OECM'ler, korunan alanlarla karşılaştırılabilir öneme sahip biyolojik çeşitlilik sonuçları sağlamalı ve bu alanları tamamlayıcı nitelikte olmalıdır. Bu nedenle değerlendirmeye alınacak bir OECMs alanının; ekolojik temsile katkısına, karasal ve deniz koruma alanları arasında daha geniş bir bağlantı oluşturmaya, biyolojik çeşitlilik ve ilgili ekosistem işlevleri ve hizmetleri için önemli alanların kapsamına/entegrasyonuna, yönetim etkinliğine ve eşitlik gerekliliklerine sahip olduğu doğrulanmalıdır.

Açıklama

Bu çalışma, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanan “Doğa Korumada Yeni Bir Paradigma Olan Diğer Etkili Alan Bazlı Koruma Önlemlerinin (OECMs) Türkiye İçin Değerlendirilmesi” başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Adams, V.M., Chauvenet, A.L.M., Stoudmann, N., Gurney, G. G., Brockington, D., Kuempel, C.D., 2023. Multiple-use protected areas are critical to equitable and effective conservation. *One Earth*, 6(9):1173-1189. doi: 10.1016/j.oneear.2023.08.011.
- Alkan, H., Korkmaz, M., 2009. Korunan alanların yönetiminde yaşanan sosyo ekonomik odaklı sorunlara ilişkin bir değerlendirme. II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, Şubat 19-21, Isparta, 13-22.
- Alves-Pinto, H., Geldmann, J., Jonas, H., Maioli, V., Balmford, A., Latawiec A.E., Crouzeilles, R., Strassburg, B., 2021. Opportunities and challenges of other effective area-based conservation measures (OECMs) for biodiversity conservation. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19(2):115-20. doi: 10.1016/j.pecon.2021.01.004.
- Ash, N., Jenkins, M., 2007. Biodiversity and Poverty Reduction; The Importance of Biodiversity for Ecosystem Services. UNEP-WCMC, Cambridge.
- Aydın, Y., Akyol, A., 2024. Biyoçeşitliliğin yerinde korunmasına yönelik yeni bir küresel araç: OECMs. *Çevre ve Sürdürülebilirlik: Yerelden Küresele* (Ed., Mısı, M.), BİDGE Yayınları, Ankara s. 57-109.
- Butchart, Stuart H.M., Walpole, M., Collen, B., Strien, A.V., Scharlemann, Jörn P.W., Almond, Rosamunde E.A., Baillie, Jonathan E.M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, Kent E., Geneviève M.C., Chanson, J., Chenery, A.M., Csirke, J., Davidson, N.C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J.N., Genovesi, P., Gregory, R.D., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J.F., Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M.A., McRae, L., Minasyan, A., Morcillo, M.H., Oldfield, Thomasina E.E., Pauly, D., Quader, S., Revenga, C., Sauer, J.R., Skolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart, S.N., Symes, Andy., Tierney, M., Tyrrell, T.D., Vié, J.C., Watson, R., 2010. Global biodiversity: Indicators of recent declines. *Science*, 328(5982):1164-68. doi: 10.1126/science.1187512.
- CBD, 2010. COP decision X/2 the strategic plan for biodiversity 2011-2020 and the aichi biodiversity targets. The Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada, <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-en.pdf>, Erişim: 16. 02. 2025.
- CBD, 2018. COP decision 14/8 (CBD) protected areas and other effective area-based conservation measures. The Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada, <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-14/cop-14-dec-08-en.pdf>, Erişim: 16. 02. 2025.
- CBD, 2022. COP decision 15/4 Kunming-Montreal global biodiversity framework. The Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada, <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf>, Erişim: 16. 02. 2025.

- Cook, C.N., 2024. Progress developing the concept of other effective area-based conservation measures. *Conservation Biology*, 38: e14106. doi: 10.1111/cobi.14106.
- Dalton, D.T., Berger, V., Adams, V., Botha, J., Halloy, S.R.P., Kirchmeir, H., Sovinc, A., Steinbauer, K., Svara, V., Jungmeier, M., 2023. A conceptual framework for biodiversity monitoring programs in conservation areas. *Sustainability*, 15(8): 6779. doi: 10.3390/su15086779.
- Donald, P.F., Buchanan, G.M., Balmford, A., Bingham, H., Couturier, A.R., de la Rosa, G.E., Gacheru, P., Herzog, S.K., Jathar, G.N., Kingston, D., Marnewick, G., Maurer, L., Reaney, Shmygaleva, T., Sklyarenko, S., Stevens, C.M.D., Butchart, S.H.M., 2019. The prevalence, characteristics and effectiveness of Aichi Target 11's "Other Effective Area-Based Conservation Measures" (OECMs) in key biodiversity areas. *Conservation Letters*, 12: e12659. doi: 10.1111/conl.12659.
- Dudley, N., Jonas, H., Nelson, F., Parrish, J., Pyhälä, A., Stolton, S., Watson, J.E.M., 2018. The essential role of other effective area-based conservation measures in achieving big bold conservation targets. *Global Ecology And Conservation*, 15. doi: 10.1016/j.gecco.2018.e00424.
- Dudley, N., Kettunen, M., Gorricho, J., Krueger, L., MacKinnon, K., Oglethorpe, J., Paxton, M., Robinson, J., Sekhran, N., 2022. Area-based conservation and the sustainable development goals: A review. *Biodiversity*, 23(3-4): 146-51. doi: 10.1080/14888386.2022.2150313.
- Dudley, N., Stolton, S., 2016. Protected area diversity and potential for improvement. In: *Protected Areas: Are They Safeguarding Biodiversity?* (Ed: Joppa, L.N., Bailie, Jonathan E.M., Robinson J.). John Wiley & Sons, UK, pp:34-48.
- Dudley, N., Stolton, S., 2020. *Leaving Space for Nature: The Critical Role of Area-Based Conservation*. Routledge, London and New York, USA.
- Dudley, N., 2008. Guidelines for applying protected area management categories. IUCN, Gland, Switzerland.
- Garcia, S.M., Rice, J., Himes-Cornell, A., Friedman, K.J., Charles, A., Diz, D., Appiott, J., Kaiser, M.J., 2022. OECMs in marine capture fisheries: Key implementation issues of governance, management, and biodiversity. *Frontiers in Marine Science*, 9:920051. doi: 10.3389/fmars.2022.920051.
- Gurney, G.G., Adams, V.M., Alvarez-Romero, J.G., Claudet, J., 2023. Area-Based conservation: Taking stock and looking ahead. *One Earth*, 6(2): 98-104. doi: 10.1016/j.oneear.2023.01.012.
- Hakverdi, A.E., 2020. Türkiye'de sürdürülebilir orman yönetimi kriter ve göstergelerinin değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 21(3): 332-343. <https://doi.org/10.18182/tjf.691776>
- He, S., Min, Q., 2022. The origin, practice and evolvement of conservation-compatible idea. *Shengtai Xuebao*, 42(15): 6041-53. doi: 10.5846/STXB202104020854.
- Hoesen, J., Bagshaw, D., Elliott, J., Haas, C.A., Kelly, J., Lazaruk, H., MacKinnon, D., Lemieux, C.J., 2023. Assessing the effectiveness of potential protected areas and OECMs in conserving biodiversity against subsurface resource extraction impacts. *Biological Conservation*, 283: 110134. doi: 10.1016/j.biocon.2023.110134.
- IUCN-WCPA Task Force on OECMs, 2019. *Recognising and Reporting Other Effective Area-Based Conservation Measures*. Protected Area Technical Report Series. 3. IUCN, Gland, Switzerland.
- Jonas, H.D., Ahmadi, G.N., Bingham, H.C., Briggs, J., Butchart, S.H.M., Cariño, J., Chassot, O., Chaudhary, S., Darling, E., Degemmis, A., Dudley, N., Fa, J.E., Fitzsimons, J., Garnett, S., Geldmann, J., Golden Kroner, R., Gurney, G.G., Harrington, A.R., Himes-cornell, A., Hockings, M., Jonas, H.C., Jupiter, S., Kingston, N., Lee, E., Lieberman, S., Mangubhai, S., Marnewick, D., Matallana-tobón, C.L., Maxwell, S.L., Nelson, F., Parrish, J., Ranaivoson, R., Rao, M., Santamaría, M., Venter, O., Visconti, P., Waithaka, J., Painemilla, K.W., Watson, J.E.M., Von Weizsäcker, C., 2021. Equitable and effective area-based conservation: Towards the conserved areas paradigm. *Parks*, 27(1): 71-84. doi: 10.2305/IUCN.CH.2021.PARKS-27-1HJ.en.
- Jonas, H. D., Barbuto, V., Jonas, H.C., Kothari, A., Nelson, F., 2014. New steps of change: Looking beyond protected areas to consider other effective area-based conservation measures. *Parks*, 20(2): 111-27. doi: 10.2305/IUCN.CH.2014.PARKS-20-2HDJ.en.
- Jonas, H.D., Lee, E., Jonas, H.C., Matallana-Tobon, C.K., Wright, S., Nelson, F., Enns, E., 2017. Will "Other Effective Area-Based Conservation Measures" increase recognition and support for ICCAs?. *Parks*, 23(2): 63-78. doi: 10.2305/iucn.ch.2017.parks-23-2hdj.en.
- Jonas, H., Sandwith, T., 2019. *Towards Recognising, Reporting and Supporting OECMs: Report of the Fourth Expert Meeting of the IUCN-WCPA Task Force on Other Effective Area-Based Conservation Measures*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Jonas, H.D., MacKinnon, K., Dudley, N., Hockings, M., Jessen, S., Laffoley, D., MacKinnon, D., Matallana-Tobón, C.L., Sandwith, T., Waithaka, J., 2018. Editorial essay: Other Effective Area-Based Conservation Measures: From Aichi Target 11 to the Post-2020 Biodiversity Framework. *Parks: The International Journal of Protected Areas and Conservation*, 24(Special issue):9-16.
- Jonas, H.D., Wood, P., Woodley, S., 2024. *Guidance on Other Effective Area-Based Conservation Measures (OECMs)*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Kurdoğlu, O., 2007. Dünyada doğayı koruma hareketinin tarihsel gelişimi ve güncel boyutu. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8(1): 59-76.
- Laffoley, D., Dudley, N., Jonas, H., MacKinnon, D., MacKinnon, K., Hockings, M., Woodley, S., 2017. An introduction to "Other Effective Area-Based Conservation Measures" under Aichi Target 11 of the convention on biological diversity: Origin, interpretation and emerging ocean issues. *Aquatic Conservation-Marine And Freshwater Ecosystems*, 27: 130-37. doi: 10.1002/aqc.2783.
- Lausche, B., 2011. *Guidelines for Protected Areas Legislation*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Lemieux, C.J., Kraus, D.T., Beazley, K.F., 2022. Running to stand still: the application of substandard oecms in national and provincial policy in Canada. *Biological Conservation*, 275: 109780. doi: 10.1016/j.biocon.2022.109780.
- Leveque, C., Mounolou, J.C., 2023. *Biyçeşitlilik, Biyolojik Devrimler ve Koruma*. Palme Yayınevi, Ankara.
- MacKinnon, D., Lemieux, C.J., Beazley, K., Woodley, S., Helie, R., Perron, J., Elliott, J., Haas, C., Langlois, J., Lazaruk, H., Beechey, T., Gray, P., 2015. Canada and aichi biodiversity target 11: Understanding "other effective area-based conservation measures" in the context of the broader target. *Biodiversity and Conservation*, 24(14): 3559-81. doi: 10.1007/s10531-015-1018-1.
- Mackinnon, K., Mrema, E.M., Richardson, K., Cooper, D., Gidda, S.B., 2021. Editorial essay: Protected and conserved areas: Contributing to more ambitious conservation outcomes post-2020. *Parks*, 27(1): 7-12. doi: 10.2305/IUCN.CH.2021.PARKS-27-1KM.en.

- Marnewick, D., Stevens, C.M.D., Jonas, H., Antrobus-wuth, R., Wilson, N., Theron, N., 2021. Assessing the extent and contribution of oecms in south africa. *Parks*, 27(1): 57-70. doi: 10.2305/IUCN.CH.2021.PARKS-27-IDM.en.
- Maxwell, S.L., Cazalis, V., Dudley, N., Hoffmann, M., Rodrigues, A.S.L., Stolton, S., Visconti, P., Woodley, S., Kingston, N., Lewis, E., Maron, M., Strassburg, B.B.N., Wenger, A., Jonas, H.D., Venter, O., Watson, J.E.M., 2020. Area-based conservation in the twenty-first century. *Nature*, 586(7828): 217-27. doi: 10.1038/s41586-020-2773-z.
- Skogen, K., Helland, H., Kaltenborn, B., 2018. Concern about climate change, biodiversity loss, habitat degradation and landscape change: Embedded in different packages of environmental concern?. *Journal for Nature Conservation*, 44: 12-20.
- Stolton, S., Dudley, N., 2010. Arguments For Protected Areas: Multiple Benefits For Conservation and Use. Earthscan, London and Washington, DC, UK.
- The Secretariat for CBD., 2011. Convention on Biological Diversity Text and Annexes. CBD, Canada.
- Tosunoğlu, Z., Kartal, E., Güner, E., 2022. Urla ve adalar civarı diğer etkili alan bazlı koruma tedbirleri (Oecm) değerlendirme raporu (S.S. Urla iskele su ürünleri kooperatifi av sahası ve e-mezat verileri kapsamında). https://www.surkoopekutuphane.org/yayinlar/URLA-OECM.pdf?utm_source, Erişim: 25.03.2025
- UNEP-WCMC, IUCN. 2025. Explore protected areas and OECMs by, protected planet. <https://www.protectedplanet.net/en>, Erişim: 05.02.2025.
- WWF, 2025. Worldwildlife. <https://www.worldwildlife.org/stories/oecms-a-new-paradigm-for-area-based-conservation>, Erişim: 25.03.2025
- Wood, A., Stedman-Edwards, P., Mang, J., 2000. The Root Causes of Biodiversity Loss. Routledge, UK and USA.
- Yeşil, M., 2016. Doğa koruma yaklaşımlarındaki değişimlerin dünyada ve Türkiye'deki tarihsel süreci. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(10): 867-76.
- Yücel, M., Babuş, D., 2005. Doğa korumanın tarihçesi ve Türkiye'deki gelişmeler. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü DOA Dergisi*, 11: 151-75.

Instructions for authors

Manuscript should be prepared in A4 page size, with Times New Roman font and 12 pt font size, as plain text. Unless necessary, no special formatting should be used. Page and line numbers should be included into the manuscript. Please check out the explanations below for other details.

Cover page: Cover page should include title of the manuscript, names and contact information of the authors.

Title and abstract (Turkish and English): Abstract should not exceed 250 words, and briefly explains rationale, goals, methods, results and recommendations of the study. Keywords with 3-6 words should be included at the end of the abstract.

Main text: Main body of the manuscript should be written in single line spacing, and it should not exceed a total of 15 pages including tables and figures. Headings should be numbered as follows: 1., 1.1., 1.1.1.

Footnotes: Use of footnotes within the text should be avoided as much as possible. If necessary, it can be used below tables and figures.

Symbols and abbreviations: Unit symbols should comply with The International System of Units. Abbreviations should be explained briefly within a parenthesis where it appears first.

References: In the text, literature should be given with the last name of the author and year of the publication (For example: Oliver et al., 1996; Geray, 1998). At the end of the paper, references should be ordered first alphabetically and then chronologically. If there is more than one paper from the same author for a given year, these references should be identified by the letters a, b, c..., after the year of publication (For example: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). See Appendix 1 for details on references.

Tables and figures: All tables and figures (graphs, photographs, maps, etc.) should be numbered in the order of their citation in the text. Titles of the tables should be located above, and titles of the figures should be located below the related table or figure. In Turkish articles, the English equivalents of "Çizelge" and "Şekil" should also be provided as "Table" and "Figure," respectively, in their titles. Tables and figures should be simple, and their text, number, and symbol components should be easily visible and understandable. Figures should be prepared in at least 300 dpi resolution and 8.15 or 17 cm width. Characters within the figures should be in Times New Roman font type and 8 pt font size.

Submission of a manuscript: All review and publishing processes are carried out online in [DergiPark Academic](#). Authors should first "[register](#)" and "[login](#)" to the system and then upload their manuscript with a "[cover letter and copyright transfer form](#)".

Yazar rehberi

Makale A4 sayfa boyutunda, 12 punto Times New Roman yazı tipinde ve düz metin şeklinde hazırlanmalıdır. Zorunlu olmadıkça hiçbir özel format kullanılmamalıdır. Makaleye sayfa ve satır numarası eklenmelidir. Diğer hususlar için lütfen aşağıdaki açıklamalara bakınız.

Kapak sayfası: Kapak sayfasında sırasıyla makale başlığı, yazar adı soyadı, yazar iletişim bilgileri yer almalıdır.

Başlık ve özet (Türkçe ve İngilizce): Özet, 250 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalı, kısaca araştırmanın gerekçesini, amaçlarını, uygulanan yöntemi, sonuç ve önerileri içermelidir. Özet sonuna 3-6 kelimeden oluşan anahtar kelimeler eklenmelidir.

Ana metin: Makale ana metni tek satır aralıklı olarak yazılmalı, çizelge ve şekillerle birlikte toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Konu başlıkları 1., 1.1., 1.1.1., şeklinde numaralandırılmalıdır.

Dipnotlar: Metin içerisinde dipnotlardan olabildiğince kaçınılmalıdır. Çizelge ve şekillerde ise gerekli olması halinde ilgili objenin altında kullanılabilir.

Semboller ve kısaltmalar: Birim sembolleri Uluslararası Birimler Sistemine (The International System of Units; SI) uygun olmalıdır. Kısaltmalar ise metin içerisinde ilk geçtiği yerde parantez içinde açıklanmalıdır.

Kaynaklar: Metin içinde geçen kaynaklar yazarların soyadları ve yayın yılı ile birlikte verilmelidir (Örnek: Oliver vd., 1996; Geray, 1998). Metin sonundaki kaynaklar önce alfabetik sonra kronolojik sıraya göre sıralanmalıdır. Bir yazarın aynı yılda birden fazla yayınına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayın yılından sonra gelecek a, b, c... harfleriyle ayrılmalıdır (Örnek: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). Kaynaklar hakkında detaylar için Ek 1'e bakınız.

Çizelgeler ve şekiller: Bütün çizelge ve şekiller (grafik, fotoğraf, harita vb.) metin içerisinde atıf sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalıdır. Çizelgelerin başlıkları üzerinde ve şekillerin başlıkları altında yer almalıdır. Türkçe makalelerde, çizelge ve şekillerin başlıklarında "Table" ve "Figure" şeklinde İngilizce karşılıkları da belirtilmelidir. Çizelge ve şekiller mümkün olduğu kadar sade olmalı, içeriklerindeki metin, rakam, sembol vb. unsurlar net olarak görünür ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller en az 300 dpi çözünürlüğünde ve 8.15 ya da 17 cm genişliğinde hazırlanmalıdır. Şekillerde kullanılan karakterler Times New Roman yazı tipinde ve 8 punto büyüklüğünde olmalıdır.

Makalenin gönderilmesi: Dergimizin tüm hakemlik ve yayıncılık faaliyetleri online olarak [DergiPark Akademik](#) üzerinden yürütülmektedir. Yazarların öncelikle dergimize "[kayıt](#)" olup sisteme "[giriş](#)" yaptıktan sonra, makaleleri ile birlikte "[üst yazı ve telif devir](#)" formunu sisteme yüklemelidirler.

Appendix 1. References

In accordance with generally accepted principles; author, publication year, title, publisher, page numbers and other appropriate information should be given for each reference.

Electronic references: Ordinary internet sites sources with limited credibility and permanence should not be used as an electronic reference. If a publication exists in both print and electronic versions, the print version should be preferred as a reference.

If used, electronic sources should be treated as printed sources; author, year of publication, title of the article or web page, publisher's name and place should be given. DOI numbers should be included at the end if an online-only publication is used as reference.

Ek 1. Kaynaklar

Genel kabul görmüş ilkelere uygun olarak, her bir yayının yazarı, yayın yılı, başlığı, yayıncısı, sayfa numarası ve gerekli diğer bilgileri verilmelidir.

Elektronik kaynaklar: Sıradan bir internet sitesi gibi güvenilirliği ve devamlılığı şüpheli olan elektronik kaynaklar tercih edilmemelidir. Eğer bir kaynağın hem elektronik hem de basılı hali mevcutsa, basılı olanı referans gösterilmelidir.

Eğer kullanılacaksa, elektronik kaynaklar da basılı kaynaklar gibi düşünülmeli; yazar, yayın yılı, makale veya internet sayfasının başlığı, yayıncı adı ve yeri verilmelidir. Sadece çevrimiçi yayın yapan dergilerde DOI numarası da kaynağın sonuna eklenmelidir.

Periyodik dergilerde makale / Article in periodical journals

Binkley, D., Stape, J.L., Ryan, M.G., 2004. Thinking about efficiency of resource use in forests. *Forest Ecology and Management*, 193: 5-16.

Acar, H.H., Ünver, S., 2012. Tomrukların oluk içerisinde traktör gücü ile kontrollü kaydırılması (TOKK-T) yönteminde iş verimliliği. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2): 97-102.

Kitap / Book

Boydak, M., Çalıkoglu, M., 2008. Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich) Biyolojisi ve Silvikültürü. Ormancılığı Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayını, Lazer Ofset Matbaası, Ankara.

Oliver, C.D., Larson, B.C., 1996. *Forest Stand Dynamics*. John Wiley and Sons, New York.

Kitapta bölüm / Reference to a chapter in an edited book

Little, C.H.A., Pharis, R.P., 1995. Hormonal control of tree stem growth. In: *Plant Stems: Physiology and Functional Morphology* (Ed: Gartner, B.L.), Academic Press, New York, pp. 281-319.

Öztekin, M., 2014. Phlomis L. (Çalbalar). Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları (Ed., Akkemik, Ü.), Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, s: 385-389.

Tez / Thesis and dissertation

Gürlevik, N., 2002. Stand and soil responses of a loblolly pine plantation to midrotation fertilization and vegetation control. PhD Dissertation, North Carolina State University, NC, USA.

Işık, F., 1998. Kızılcıamın (*Pinus brutia* Ten.) genetik çeşitlilik, kalıtım derecesi ve genetik kazancın belirlenmesi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Konferans bildirisi / Conference proceedings

Erdönmez, C., Ok, K., 2009. Özel ağaçlandırmaları etkileyen sosyo-ekonomik etkenler. II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 19-21 Şubat, Isparta, s. 74-80.

Erkan, N., 2002. Growth performance of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) in natural forest and plantation in Turkey. *Proceedings of IUFRO Meeting: Management of Fast Growing Plantations*, 11-13 September, Izmit, Turkey, pp. 67-74.

Elektronik kaynak / Electronic reference

FAO, 2011. Fact and figures: Forest cover. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/forestry/28808/en/>, Accessed: 22.12.2012.

OGM, 2009. Ormancılık istatistikleri 2009. Resmi istatistik programı kapsamındaki ormancılık istatistikleri, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, http://web.ogm.gov.tr/Dkmanlar/istatistikler/ormancilik_ist_2009.pdf, Erişim: 06.02.2013.

Standartlar/Standarts

TS 2472, 2005. Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. TSE, Ankara

ASTM-D 1413-007, 2007. Standart test methods of testing wood preservatives by laboratory soilblock cultures. Annual Book of ASTM Standarts, USA.

Çeviri kaynak/Translated reference

Eyüboğlu, A.K., 1979. Fidan (Çeviri: Cleary, B.D., Greaves, R.D., Owston, P.W., 1978. Seedlings. Oregon State University, School of Forestry, Forest Service U.S. Department of Agriculture, Corvallis, Oregon, USA). Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2:31-69.

Proje raporu/Project report

Yılmaz, E., Abbak, A., Kırış, R., Sayın, M.A., 2015. Orman Amenajman Planlamasının Sosyal Boyutu: Pozantı Orman İşletme Şefliğinde Örnek Uygulama. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: 20.5315/2014-2015, Tarsus.

Teknik rapor/Technical report

Davis, C.T., Kellogg, L.D., 2005. Measuring Machine Productivity with the MultiDAT Datalogger: a Demonstration on Three Forest Machines. USDA Forest Service, General Technical Report, PSWGTR-194.

Keskin, S., 1989. Kokulu Ardıç (J. foetidissima Willd.) ve Boylu Ardıç (J. excelsa Bieb.) Çeliklerinin Köklendirilmesi Üzerine Çalışmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Raporlar Serisi, No: 36-39, Ankara.

Teknik bülten/Technical bulletin

Eyüboğlu, A.K., Atasoy, H., Küçük, M., 1992. Doğu Karadeniz Bölgesinde Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky.) Orijin Denemelerinin 9 Yıllık Sonuçları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi, No: 237, Ankara.

