



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN: 2149-3898

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ



ISPARTA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Year:
Yıl: 2024

Volume:
Cilt: 25

Issue:
Sayı: 1

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

(TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ)

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: 2024, Volume/Cilt: 25, Issue/Sayı: 1

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
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

(TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ)

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: 2024, Volume/Cilt: 25, Issue/Sayı: 1

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 TÜBİTAK-ULAKBİM Life Sciences Database (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.

Türkiye Ormancılık Dergisi 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 TÜBİTAK-ULAKBİM Yaşam Bilimleri Veritabanı (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 Fakültesi'nin resmi yayını olan Türkiye Ormancılık Dergisi, 2000-2014 yılları arasında "Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi" adıyla yayınlanmıştır.

CONTENTS

Research

- Opinions of forest engineers on sustainable forest management socio-economic functions criteria applied in the West Mediterranean Region
Ayşe Esra Hakverdi, Ayhan Akyol, Ahmet Tolunay 1-11
- Examining the relationship between the environmental and nature protection necessity approach and green organizational behavior: A research on forest engineers
Gökhan Topaloğlu, Murat Özen 12-20
- Variation of form factors in black pine stands of Kastamonu region according to various single tree and stand characteristics
Elif Şeyda Kesik, Oytun Emre Sakıcı 21-31
- Natural plants of the Sandras Mountain (Köyceğiz-Muğla) traditionally employed for therapeutic purposes
Kenan Akbaş, Merve Çitakoğlu, Serhat Davran 32-40
- A comparison of photosynthetic gas exchange parameters measured under in situ and in vitro conditions in *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and *Pinus brutia* trees
Esra Bayar, Mehmet Said Özçelik 41-48
- Determination of relations between plant species diversity and productivity in Brutian pine stands
Mehmet Güvenç Negiz, Serkan Özdemir, Oğuzhan Erfidan, Alican Çivğa, Özdemir Şentürk 49-55
- A bibliometric evaluation on furniture joints studies
Samet Demirel, Hande Eyüboğlu 56-63
- Investigation of the effect of cladding element and insulation material on lateral load resistance of shear walls
Duygu Yücesoy, Okan İlhan, Abdullah Uğur Birinci, Cenk Demirkır 64-70
- Facility layout planning through the ALDEP Method in the wooden cable reels industry
Melike Nur İnce, Çağatay Taşdemir 71-80
- Prediction of screw withdrawal resistance for plywood laminated panels and sandwich panels
Mesut Uysal, Ergün Güntekin 81-88
- Comparison of the adhesion performances of traditional and new generation adhesives used in the making of Turkish bows
Salih Parlak, Oktay Gönültaş 89-99
- The performance of 3d printed dowel with three different surface designs in furniture joints
Samet Demirel, Nazmiye Tuğçe Kuvel, Kutay Çava, Mustafa Aslan 100-106
- Effect of ternary deep eutectic solvents on delignification of stone pine cone
Özge Özgürlük, Şeyma Özliusoylu, Sezgin Koray Gülsoy, Ayben Kılıç Pekgözlü 107-112
- Chemical composition of essential oil extracted from lavender growing in Kastamonu, Türkiye
Deren Tahmas-Kahyaoğlu, Mürüvvet Begüm Özen, Hilal Yıldız 113-117
- Bibliometric profile of graduate theses regarding “Medical and aromatic plants” in Türkiye
Nadir Ersen, İlker Akyüz 118-128
- Investigations of the spatial and climate characteristics of natural pure chestnut (*Castanea sativa* Mill.) forests: A case of Zonguldak Regional Directorate of Forestry
Hasan Aksoy 129-135
- Evaluation of Çanakkale - Kilitbahir Castle Museum and environmental landscape
Yavuz Alkan 136-144

Review

- Current situation of Citrus Longhorned Beetle [*Anoplophora chinensis* (Forster, 1771)] (Coleoptera: Cerambycidae) in Türkiye and the world
Şükran Oğuzoğlu, İsmet Harman, Mustafa Avcı 145-155

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- Batı Akdeniz Bölgesinde uygulanan sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ilişkin orman mühendislerinin görüşleri
Ayşe Esra Hakverdi, Ayhan Akyol, Ahmet Tolunay 1-11
- Çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımı ile yeşil örgütsel davranış arasındaki ilişkinin incelenmesi: Orman mühendislerine yönelik bir araştırma
Gökhan Topaloğlu, Murat Özen 12-20
- Kastamonu yöresi karaçam meşcerelerinde şekil katsayılarının çeşitli tek ağaç ve meşcere özelliklerine göre değişimi
Elif Şeyda Kesik, Oytun Emre Sakıcı 21-31
- Sandras Dağı'nın (Köyceğiz-Muğla) geleneksel olarak tedavi amaçlı kullanılan doğal bitkileri
Kenan Akbaş, Merve Çıtakoğlu, Serhat Davran 32-40
- *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* ve *Pinus brutia* ağaçlarında in vitro ve in situ koşullarda ölçülen fotosentetik gaz değişim parametrelerinin karşılaştırılması
Esra Bayar, Mehmet Said Özçelik 41-48
- Kızılcım meşcerelerinde bitki tür çeşitliliği ile verimlilik arasındaki ilişkilerin belirlenmesi
Mehmet Güvenç Negiz, Serkan Özdemir, Oğuzhan Erfidan, Alican Çıvğa, Özdemir Şentürk 49-55
- Mobilya birleşim çalışmaları üzerine bibliyometrik bir değerlendirme
Samet Demirel, Hande Eyüboğlu 56-63
- Perde duvarların yanal yük dayanımı üzerine kaplama elemanı ve yalıtım malzemesinin etkisinin araştırılması
Duygu Yücesoy, Okan İlhan, Abdullah Uğur Birinci, Cenk Demirkır 64-70
- Ahşap kablo makarası endüstrisinde ALDEP Yöntemi ile tesis yerleşim planlaması
Melike Nur İnce, Çağatay Taşdemir 71-80
- Kontrplak ile lamine edilmiş panel ve sandviç panellerin vida tutma direncinin tahmin edilmesi
Mesut Uysal, Ergün Güntekin 81-88
- Türk yaylarının yapımında kullanılan geleneksel ve yeni nesil tutkalların yapışma performanslarının karşılaştırılması
Salih Parlak, Oktay Gönültaş 89-99
- Üç farklı yüzey tasarımına sahip 3d baskılı kavelaların mobilya birleşme yerlerindeki performansları
Samet Demirel, Nazmiye Tuğçe Kuvel, Kutay Çava, Mustafa Aslan 100-106
- Üçlü derin ötektik çözücülerin fıstık çamı kozalağının delignifikasyonuna etkisi
Özge Özgürlük, Şeyma Özlüsoy, Sezgin Koray Gülsoy, Ayben Kılıç Pekgözlü 107-112
- Kastamonu'da yetişen lavantadan elde edilen uçucu yağın kimyasal bileşimi
Deren Tahmas-Kahyaoğlu, Mürüvvet Begüm Özen, Hilal Yıldız 113-117
- Türkiye'deki "Tıbbi ve aromatic bitkiler" konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik profili
Nadir Ersen, İlker Akyüz 118-128
- Doğal saf kestane (*Castanea sativa* Mill.) ormanlarının mekansal ve iklimsel özelliklerinin araştırılması: Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü örneği
Hasan Aksoy 129-135
- Çanakkale-Kilitbahir Kale Müzesi ve çevre peyzajının değerlendirilmesi
Yavuz Alkan 136-144

Derleme

- Türkiye'de ve dünyada Turunçgil Teke Böceği [*Anoplophora chinensis* (Forster, 1771)] (Coleoptera: Cerambycidae)'in güncel durumu
Şükran Oğuzoğlu, İsmet Harman, Mustafa Avcı 145-155

Batı Akdeniz Bölgesinde uygulanan sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ilişkin orman mühendislerinin görüşleri

Ayşe Esra Hakverdi^{a,*}, Ayhan Akyol^b, Ahmet Tolunay^c

Özet: Bu çalışmada, Batı Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Muğla, Isparta ve Antalya Orman Bölge Müdürlüklerindeki ormancılık çalışmalarlarıyla birlikte Sürdürülebilir Orman Yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün uygulanabilirliği araştırılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu, Batı Akdeniz Bölgesi'nde görev yapan 117 orman mühendisi oluşturmuştur. Araştırmada mühendis görüşlerinin belirlenmesi amacıyla 9 bölümden oluşan anket formu uygulanmıştır. Elde edilen verilerin analizlerini yapmak için, SPSS 28.0 programı yardımıyla; frekans ve yüzde, ortalama, ikili grup karşılaştırmasında t testi (independent samples t test) ikiden fazla grup karşılaştırmalarında ise tek yönlü varyans analizi (one way anova) kullanılmıştır. Tek yönlü varyans analizi sonucunda gruplar arası anlamlı bir fark bulunması durumunda ise Tukey HSD (multiple comparisons) testleri uygulanarak farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığı belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, orman mühendisleri ölçütü oldukça önemli bulmaktadırlar. Ölçüte yönelik bilgi ve farkındalık düzeyleri oldukça yüksektir. Ancak, ölçüte yönelik algılanan ölçme zorluğu da yüksektir. Bu nedenlerle ölçütün ölçülebilirlik düzeyini arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmalı, özellikle sosyal içerikli göstergelerde standartlar geliştirilmeli ve izleme çalışmalarına devam edilmelidir.

Anahtar kelimeler: Ölçüt ve göstergeler, Ormanlar, Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir orman yönetimi

Opinions of forest engineers on sustainable forest management socio-economic functions criteria applied in the West Mediterranean Region

Abstract: In this study, the applicability of the Sustainable Forest Management socio-economic functions criterion was investigated together with the forestry studies in Muğla, Isparta and Antalya Regional Directorates of Forestry in the West Mediterranean Region. The study group of the research consisted of 117 forest engineers working in the West Mediterranean Region. In the research, a survey form consisting of 9 sections was applied to determine the opinions of engineers. To analyze the data obtained, with the help of the Statistical Package 28.0 program for Social Sciences; frequency and percentage, mean, t test (independent samples t test) was used for pairwise group comparisons, and one-way analysis of variance (one way anova) was used for comparisons of more than two groups. If a significant difference was found between the groups as a result of one-way analysis of variance, Tukey HSD (multiple comparisons) tests were applied to determine which groups caused the differences. According to the study results, engineers find the criterion very important. Levels of knowledge and awareness about the measure are high, but the perceived difficulty of measurement is high. For these reasons, studies should be carried out to increase the measurability level of the Criterion, standards should be developed, especially in social content indicators, and monitoring studies should be continued.

Keywords: Criteria and indicators, Forests, Sustainability, Sustainable forest management

1. Giriş

Dünyada en gelişmiş ve en yaygın bitki örtüsünü ormanlar oluşturmaktadır. İnsan toplumlarının çeşitli biçimlerde orman kaynaklarını kullandıkları veya tükettikleri, onlardan ürün ve hizmet yönlerinden yararlandıkları bilinmektedir (Özdönmez vd., 1996).

Orman kaynakları uzun yıllar boyunca süreklilik anlayışı ile işletilmiştir. Ancak, bu süreklilik anlayışı özellikle odun hammaddesi üretiminin sürekliliği şeklinde devam etmiş, ormanın karmaşık bir ekosistem olduğu gerçeği hep göz ardı edilmiştir. Gözden kaçırılan bu hususlar, orman kaynaklarının günden güne tahrip olmasına ve her geçen gün

dünyada orman alanlarının azalmasına sebep olmuştur (Akyol ve Tolunay, 2014).

Bununla birlikte, tüm doğal kaynaklar ve ormanlar, faydalanıldığı sürece insanlar açısından bir anlam ve öneme sahip olmaktadır (Türker vd., 2002). Bundan dolayıdır ki, ormanlardan doğrudan ya da dolaylı bir faydalanma her zaman için söz konusudur. Günümüzde yerel, bölgesel, ulusal ve hatta küresel düzeyde orman kaynaklarına yönelik çeşitlenen ve artan talepler, orman kaynaklarının yenilenebilir doğal kaynaklardan olması, bu kaynakların gelecek nesillerin ihtiyaçlarını da gözeterek şekilde sürdürülebilir bir yaklaşımla yönetilmesini gerektirmektedir. Bu gerekliliği doğuran etmenlerin başında, insanların orman kaynaklarına yönelik ihtiyaçlarındaki ve bu kaynakların

✉ ^a Yozgat Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Yozgat
^b İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, İzmir
^c Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): a.esra.hakverdi@bozok.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 29.09.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 14.02.2024



Citation (Atıf): Hakverdi, A.E., Akyol, A., Tolunay, A., 2024. Batı Akdeniz Bölgesinde uygulanan sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ilişkin orman mühendislerinin görüşleri. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 1-11.
DOI: [10.18182/tjf.1368018](https://doi.org/10.18182/tjf.1368018)

yönetimine ilişkin görüş, ilgi ve taleplerindeki artış gelmektedir (Öztürk ve Türker, 2005).

Orman kaynaklarının ekosistem ve insan açısından artan öneminin her geçen gün daha iyi kavranması nedeniyle kaynak yönetimine ilişkin yeni yaklaşımlar geliştirilmekte ve farklı ölçeklerde önlemler gündeme getirilmektedir. Ülkemizde de bu gelişmelere paralel olarak, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir orman yönetimi (SOY), ekosistem yaklaşımı, sertifikasyon, katılımçılık, biyoçeşitlilik koruma vb. yaklaşımların mevcut ormancılık anlayışına bütünleştirilmesiyle ilgili çalışmalar devam etmektedir (Alkan ve Eker, 2005). Bu anlamda yapılacak olan planlamalar bir fırsat olarak değerlendirilebilir (Korkmaz ve Adıgüzel, 2021).

SOY, ulusal düzeyde belirlenen ölçütlerin yanı sıra bölgesel veya orman yönetim birimi düzeyinde oluşturulan ölçütler ve göstergelerle uyumlu bir şekilde uygulanmalıdır. Bu yaklaşım, orman ekosistemini bütüncül bir perspektifle ele alır ve ölçütler ile göstergelerin ayrılmaz bir şekilde bir arada değerlendirilmesini gerektirir. Akyol'un (2010) vurguladığı gibi, bu çalışmalar, sürdürülebilir orman yönetimi hedeflerine ulaşmak için büyük bir öneme sahiptir.

Doğal dengenin korunması açısından ormanların sağladığı ekonomik faydaların yanı sıra, dünya genelinde ve ülkemizde yaşanan hızlı nüfus artışı, kentleşme, çevre sorunları ve ekosistemdeki bozulmalar, toplumun ormanlardan beklentilerini çeşitlendirip değiştirmektedir. Türkiye'de, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi anlayışı gelişme sürecindedir. Ormanlar, sadece odun hammaddesi üretimi ile sınırlı kalmayıp, aynı zamanda ekolojik ve sosyo-kültürel fonksiyonlarıyla da önem taşımaktadır. Orman kaynaklarının sosyo-ekonomik fonksiyonları, toplum refahına ve yaşam kalitesine önemli katkılarda bulunmaktadır (OGM, 2023).

Orman kaynakları, insanların hem maddi hem de manevi ihtiyaçlarını somut bir şekilde karşılarken, aynı zamanda "görünmez bir el" gibi tüm doğal sistemlerin dengesini koruma ve geliştirmeye katkı sağlar (Geray, 1998). Orman kaynaklarının milli ekonomiye, istihdama ve kırsal kalkınmaya olan katkısı, arz ve talep dengesi içindeki önemi, kurumsal, mali, yasal ve araştırma-geliştirme kapasitesi, bu sektörün sosyo-ekonomik işlevlerinin temel unsurlarını oluşturur. Bu unsurların ülke çapındaki göstergeleri, ülkenin ormancılığının sürdürülebilir yönetim ilkesine ne kadar uygun olduğu hakkında sektöre bilgi sunar. Ormanların çevresel, sosyal ve ekonomik açılardan topluma fayda sağlayacak şekilde yönetilmesi, günümüz orman yönetimi felsefesinin temelini oluşturur (OGM, 2020).

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Araştırma alanını; Batı Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Muğla, Antalya ve Isparta Orman Bölge Müdürlükleri (Şekil 1) oluşturmaktadır. Batı Akdeniz bölgesi, Türkiye'nin önemli orman kaynaklarına sahip bölgelerinden biridir. Bu bölge, biyolojik çeşitlilik, ekosistem hizmetleri, iklim düzenleme ve su kaynakları koruma gibi önemli ekolojik fonksiyonları yerine getirmektedir. Ormancılık çalışmaları, Batı Akdeniz bölgesindeki orman kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, korunması, restorasyonu ve ekosistem hizmetlerinin etkililiği şeklinde kullanılması üzerine odaklanmıştır. Ormanlar, bu bölgedeki ekosistemin önemli bir parçasıdır ve biyoçeşitliliği

destekler. Batı Akdeniz Bölgesi, yaz aylarında sıcak ve kuru bir iklimle karşı karşıya olduğu için orman yangınları riski yüksektir (TOB, 2023). Bu nedenlerle, ormanların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi önemlidir. Ayrıca, bölge müdürlüklerindeki sertifikasyon çalışmalarının varlığı veya yokluğu, ölçüt ve göstergelerin değerlendirilmesine önemli katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda, tez çalışması için Batı Akdeniz bölgesi, örnek alan olarak seçilmiştir.

2.2. Yöntem

Çalışmada oranlı tabakalı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Örnekleme oranı $n/N \cdot 100$ 'dür. Burada; n = çalışan sayısı, N = ana kütle büyüklüğüdür. Araştırmanın evrenini 2021 yılı Batı Akdeniz Bölgesi'nde bulunan orman bölge müdürlüklerindeki çalışan orman mühendisleri oluşturmaktadır. 2021 yılı Batı Akdeniz Bölgesi'nde bulunan OBM çalışan orman mühendisleri sayısının 624 olduğu bilinmektedir. Örnekleme büyüklüğü Salant ve Dillman'ın (1994) belirlediği formül ile hesaplanarak 113 bulunmuştur. Oranlı tabakalı örnekleme ile bölge müdürlüklerinden örnekleme dahil edilecek katılımcı sayıları belirlenmiş ve toplamda 117 katılımcıya ulaşılmıştır. Katılımcı sayıları belirlendikten sonra anket uygulamasına geçilmiş ve çalışma verileri elde edilmiştir. Anket çalışması, kişisel bilgi formu ve SOY ölçüt ve göstergelerine yönelik önermelerden oluşmaktadır. Kişisel bilgi formunda; bölge, yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi ve çalışma süresi değişkenlerine yer verilmiştir. SOY ölçüt ve göstergelerine yönelik önermeler 5'li likert ölçekten oluşmaktadır. Önermeler 1- hiç katılmıyorum, 2- kısmen katılmıyorum, 3- kararsızım, 4- kısmen katılmıyorum ve 5- tamamen katılmıyorum olarak derecelendirilmiştir. Araştırmada elde edilen verilerin analizi için SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows 28.0 programı kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde sayı, yüzde, ortalama ve standart sapma gibi tanımlayıcı istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. İki bağımsız grup arasında niceliksel sürekli verilerin karşılaştırılmasında t-testi, ikiden fazla bağımsız grup arasında niceliksel sürekli verilerin karşılaştırılmasında Tek yönlü (One way) Anova testi kullanılmıştır. Anova testi sonrasında farklılıkları belirlemek üzere tamamlayıcı post-hoc analizi olarak Tukey HSD testi kullanılmıştır.



Şekil 1. Araştırma alanı

3. Bulgular

3.1. Anket çalışmasına katılanların demografik özelliklerine ait bulgular

Araştırma kapsamında 117 katılımcıya ulaşılmıştır. Katılımcıların bazı demografik özelliklerine göre dağılımları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1 incelendiğinde katılımcıların 37’si (%31.6) kadın ve 80’i (%68.4) ise erkeklerin oluşturduğu görülmektedir. Katılımcıların yaşları en çok 41’i (%35.0) 26-33 yaş aralığı ve en az 7’si (%6.0) 18-25 yaş aralığındadır. Katılımcıların eğitim durumları; 79’u (%67.5) lisans ve 38’i (%32.5) lisansüstü olarak dağılmaktadır. Çalışma süresine göre en çok 41’i (%35.0) 6-10 yıl arası ve en az çalışma süresi ise 25’i (%21.4) 11-15, 25’i (%21.4) 16 yıl ve üzeri olarak dağılmaktadır. Katılımcılar 49’u (%41.9) Muğla, 25’i (%21.4) Isparta ve 43’ü (%36.8) Antalya Bölge Müdürlüklerinden katılım sağlamışlardır.

3.2. Anket verilerine ait puan ortalamaları

Katılımcıların sürdürülebilir orman yönetimine yönelik algı ve bilgileri aşağıdaki hipotezler sınanmış olup, anket önermelerine verdikleri puan ortalamaları ve bunların değerlendirilmesine ait bulgular Çizelge 2’de verilmiştir. Buna göre;

H₁ hipotezi: Batı Akdeniz Bölgesi orman mühendislerinde sürdürülebilirlik algısı yüksek düzeydedir.

H₂ hipotezi: Batı Akdeniz Bölgesi orman mühendislerinde sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık yüksek düzeydedir.

H₃ hipotezi: Batı Akdeniz Bölgesi mühendislerinde sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün önemi yüksek görülmektedir.

H₄ hipotezi: Batı Akdeniz Bölgesi mühendislerinde sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün ölçülebilirliği yüksek görülmektedir.

H₅ hipotezi: Batı Akdeniz Bölgesi mühendislerinde sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait verilerin alanda bulunma durumu yüksek görülmektedir.

H₆ hipotezi: Batı Akdeniz Bölgesi mühendislerinde sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ilişkin alanda yapılan planlama yüksek görülmektedir.

H₇ hipotezi: Batı Akdeniz Bölgesi mühendislerinde sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu yüksek görülmektedir.

Şeklinde oluşturulmuştur.

Çizelge 1. Katılımcıların demografik özelliklerine ait frekans ve yüzde değerleri

		Frekans (N)	Yüzde (%)
Bölge Müdürlüğü	Muğla	49	41.9
	Isparta	25	21.4
	Antalya	43	36.8
Cinsiyet	Kadın	37	31.6
	Erkek	80	68.4
Yaş	18-25	7	6.0
	26-33	41	35.0
	34-41	38	32.5
	42-49	17	14.5
	50 ve üzeri	14	12.0
Eğitim durumu	Lisans	79	67.5
	Lisansüstü	38	32.5
Çalışma süresi (yıl)	1-5	26	22.2
	6-10	41	35.0
	11-15	25	21.4
	16 ve üzeri	25	21.4

Çizelge 2. Katılımcıların anket önermelerine verdikleri puan ortalamaları

	N	Ort	SS	Min.	Maks.
Sürdürülebilirliğe yönelik algılar	117	3.839	1.063	1.000	5.000
Sürdürülebilirliğe yönelik bilgi ve farkındalık	117	3.879	1.143	1.000	5.000
Sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün önemi	117	3.899	0.947	1.000	5.000
Sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün ölçülebilirliği	117	3.280	1.068	1.000	5.000
Sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait verilerin alanda bulunma durumu	117	3.244	1.035	1.000	5.000
Sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü için alanda yapılan planlamalar	117	3.487	1.119	1.000	5.000
SOY ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu	117	3.756	0.902	1.000	5.000

N: Örneklem sayısı Ort: Ortalama SS: Standart sapma Min: En düşük Maks: En yüksek

Çizelge 2 incelendiğinde, katılımcıların “sürdürülebilirliğe yönelik algı” ortalaması yüksek 3.839 ± 1.063 (Min=1; Maks=5) olarak saptanmıştır. Burada H₁ hipotezi kabul edilmiştir. Katılımcıların, “sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık” ortalaması yüksek 3.879 ± 1.143 (Min=1; Maks=5) olarak saptanmıştır. Burada H₂ hipotezi kabul edilmiştir. Katılımcıların, “Sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün önemi” ortalaması yüksek 3.899 ± 0.947 (Min=1; Maks=5) olarak saptanmıştır. Burada H₃ hipotezi kabul edilmiştir. Katılımcıların, “Sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün ölçülebilirliği” ortalaması orta 3.280 ± 1.068 (Min=1; Maks=5) olarak saptanmıştır. Burada H₄ hipotezi reddedilmiştir. Katılımcıların, “Sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait verilerin alanda bulunma durumu” ortalaması orta 3.244 ± 1.035 (Min=1; Maks=5) olarak saptanmıştır. Burada H₅ hipotezi reddedilmiştir. Katılımcıların “Sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü için alanda yapılan planlamalar” ortalaması yüksek 3.487 ± 1.119 (Min=1; Maks=5) olarak saptanmıştır. Burada H₆ hipotezi kabul edilmiştir. Katılımcıların, “Sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu” ortalaması yüksek 3.756 ± 0.902 (Min=1; Maks=5) olarak saptanmıştır. Burada H₇ hipotezi kabul edilmiştir.

3.3. Tanımlayıcı demografik özelliklere göre karşılaştırmalar

3.3.1. Sürdürülebilirliğe yönelik algı ve sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumu

Sürdürülebilir orman yönetimine yönelik algı ve bilgi ve farkındalık durumlarına yönelik aşağıdaki hipotezler sınanmıştır.

H₈: Görev yaptıkları bölgeye göre sürdürülebilirliğe yönelik algı farklılık göstermektedir.

H₉: Cinsiyete göre sürdürülebilirliğe yönelik algı farklılık göstermektedir.

H₁₀: Yaş aralığına göre sürdürülebilirliğe yönelik algı farklılık göstermektedir.

H₁₁: Eğitim durumuna göre sürdürülebilirliğe yönelik algı farklılık göstermektedir.

H₁₂: Çalışma sürelerine göre sürdürülebilirliğe yönelik algı farklılık göstermektedir.

H₁₃: Görev yaptıkları bölgeye göre sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık farklılık göstermektedir.

H₁₄: Cinsiyete göre sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık farklılık göstermektedir.

H₁₅: Yaş aralığına göre sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık farklılık göstermektedir.

H₁₆: Eğitim durumuna göre sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık farklılık göstermektedir.

H₁₇: Çalışma sürelerine göre sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık farklılık göstermektedir.

Sürdürülebilirliğe yönelik algı ve sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumuna ilişkin bulgular Çizelge 3'te verilmektedir.

Çizelge 3 incelendiğinde; katılımcıların sürdürülebilirliğe yönelik algı ortalama puanları bölgeye göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₈ hipotezi reddedilmiştir. Katılımcıların sürdürülebilirliğe yönelik algı ortalama puanları cinsiyete göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₉ hipotezi reddedilmiştir. Katılımcıların sürdürülebilirliğe yönelik algı ortalama puanları yaşa göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₁₀ hipotezi reddedilmiştir. Katılımcıların sürdürülebilirliğe yönelik algı ortalama puanları eğitim durumuna göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₁₁ hipotezi reddedilmiştir. Katılımcıların sürdürülebilirliğe yönelik algı ortalama puanları çalışma süresine göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₁₂ hipotezi reddedilmiştir.

Katılımcıların sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık ortalama puanları bölgeye göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₁₃ hipotezi reddedilmiştir. Katılımcıların sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık ortalama puanları cinsiyete göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₁₄ hipotezi reddedilmiştir. Katılımcıların sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık ortalama puanları yaşa göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₁₅ hipotezi reddedilmiştir. Katılımcıların sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık ortalama puanları eğitim durumuna göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₁₆ hipotezi reddedilmiştir. Katılımcıların sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık ortalama puanları çalışma süresine göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₁₇ hipotezi reddedilmiştir.

Çizelge 3. Sürdürülebilirliğe yönelik algı ve sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumu

Demografik özellikler	n	Sürdürülebilirliğe yönelik algı		Sürdürülebilirlik bilgi ve farkındalık	
		Ort±SS		Ort±SS	
Bölge					
Muğla	49	3.850±0.886		3.911±1.133	
Isparta	25	3.830±1.010		3.943±1.023	
Antalya	43	3.831±1.281		3.807±1.239	
F=		0.004		0.141	
p=		0.996		0.868	
Cinsiyet					
		Ort±SS		Ort±SS	
Kadın	37	3.840±1.042		3.985±1.124	
Erkek	80	3.838±1.079		3.831±1.156	
t=		0.006		0.677	
p=		0.995		0.500	
Yaş					
		Ort±SS		Ort±SS	
18-25	7	3.946±0.766		4.500±0.451	
26-33	41	3.861±1.066		3.703±1.168	
34-41	38	3.826±1.003		3.857±1.235	
42-49	17	3.721±1.182		4.151±0.680	
50 ve Üzeri	14	3.897±1.306		3.817±1.434	
F=		0.084		1.014	
p=		0.987		0.403	
Eğitim Durumu					
		Ort±SS		Ort±SS	
Lisans	79	3.934±1.001		3.777±1.220	
Lisansüstü	38	3.641±1.171		4.092±0.944	
t=		1.397		-1.402	
p=		0.165		0.164	
Çalışma Süresi					
		Ort±SS		Ort±SS	
1-5	26	3.880±0.827		4.320±0.576	
6-10	41	3.867±0.940		3.569±1.384	
11-15	25	4.025±1.276		3.853±1.058	
16 Yıl ve Üzeri	25	3.563±1.237		3.958±1.129	
F=		0.838		2.425	
p=		0.476		0.069	

F: Anova Testi; t: Bağımsız Gruplar T-Testi; PostHoc:Tukey, LSD; $p<0.05$; Ort: Ortalama; SS: Standart sapma

3.3.2. Sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün önemi ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumu

Sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün önemine ilişkin aşağıdaki hipotezler sınanmıştır.

H₁₈: Görev yaptıkları bölgeye göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü önemi farklılık göstermektedir.

H₁₉: Cinsiyete göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü önemi farklılık göstermektedir.

H₂₀: Yaş aralığına göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü önemi farklılık göstermektedir.

H₂₁: Eğitim durumuna göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü önemi farklılık göstermektedir.

H₂₂: Çalışma sürelerine göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü önemi farklılık göstermektedir.

Sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü önemi ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumuna ilişkin bulgular Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü önemi ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumu

Demografik özellikler	n	Sosyo-ekonomik fonksiyonlar
Bölge		Ort±SS
Muğla	49	4.139±0.757
Isparta	25	3.916±0.795
Antalya	43	3.615±1.145
F=		3.673
p=		0.028
PostHoc=		1>3 (p<0.05)
Cinsiyet		Ort±SS
Kadın	37	3.821±1.053
Erkek	80	3.935±0.898
t=		-0.607
p=		0.545
Yaş		Ort±SS
18-25	7	3.286±1.606
26-33	41	4.011±0.827
34-41	38	4.096±0.933
42-49	17	3.775±0.593
50 ve Üzeri	14	3.494±1.117
F=		2.076
p=		0.089
PostHoc=		
Eğitim Durumu		Ort±SS
Lisans	79	3.832±0.955
Lisansüstü	38	4.038±0.928
t=		-1.105
p=		0.272
Çalışma Süresi		Ort±SS
1-5	26	3.902±1.077
6-10	41	3.973±0.829
11-15	25	3.876±1.118
16 Yıl ve Üzeri	25	3.796±0.843
F=		0.183
p=		0.908

F: Anova Testi; t: Bağımsız Gruplar T-Testi; PostHoc: Tukey, LSD; p<0.05; Ort: Ortalama; SS: Standart sapma

Çizelge 4 incelendiğinde; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar önem ortalama puanları bölgeye göre anlamlı farklılık göstermektedir (F=3.673; p=0.028<0.05; $\eta^2=0.061$). Farkın nedeni Muğla bölgesinde çalışanların sosyo-ekonomik fonksiyonlar önem ortalama puanlarının Antalya bölgesinde çalışanların sosyo-ekonomik fonksiyonlar önem ortalama puanlarından yüksek olmasıdır (p<0.05). Bölgeye sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü anlamlı şekilde farklılaşmıştır. Burada H₁₈ hipotezi kabul edilmiştir.

Cinsiyete göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü önem ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0.05). Burada H₁₉ hipotezi reddedilmiştir.

Yaş aralık gruplarına göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü önem ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0.05). Burada H₂₀ hipotezi reddedilmiştir.

Eğitim durumuna göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü önem ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0.05). Burada H₂₁ hipotezi reddedilmiştir.

Çalışma süresine göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü önem ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir (p>0.05). Burada H₂₂ hipotezi reddedilmiştir.

3.3.3. Sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün ölçülebilirliği ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumu

Sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün ölçülebilirliğine ilişkin aşağıdaki hipotezler sınanmıştır.

H₂₃: Görev yaptıkları bölgeye göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü ölçülebilirliği farklılık göstermektedir.

H₂₄: Cinsiyete göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü farklılık göstermektedir.

H₂₅: Yaş aralığına göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü farklılık göstermektedir.

H₂₆: Eğitim durumuna göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü farklılık göstermektedir.

H₂₇: Çalışma sürelerine göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü farklılık göstermektedir.

Sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün ölçülebilirliğine ait ortalama puanların tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumuna ilişkin bulgular Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün ölçülebilirliği ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumu

Demografik özellikler	n	Sosyo-ekonomik fonksiyonlar
Bölge		Ort±SS
Muğla	49	3.486±1.047
Isparta	25	3.353±1.048
Antalya	43	3.002±1.068
F=		2.486
p=		0.088
PostHoc=		
Cinsiyet		Ort±SS
Kadın	37	3.233±1.246
Erkek	80	3.301±0.983
t=		-0.318
p=		0.772
Yaş		Ort±SS
18-25	7	2.753±1.206
26-33	41	3.417±1.118
34-41	38	3.409±1.095
42-49	17	3.332±0.724
50 ve Üzeri	14	2.727±1.009
F=		1.721
p=		0.150
Eğitim Durumu		Ort±SS
Lisans	79	3.138±1.109
Lisansüstü	38	3.574±0.924
t=		-2.098
p=		0.038
Çalışma Süresi		Ort±SS
1-5	26	3.213±1.057
6-10	41	3.421±1.049
11-15	25	3.542±0.993
16 Yıl ve Üzeri	25	2.855±1.112
F=		2.158
p=		0.097
PostHoc=		

F: Anova Testi; t: Bağımsız Gruplar T-Testi; PostHoc:Tukey, LSD; p<0.05; Ort: Ortalama; SS: Standart sapma

Çizelge 5 incelendiğinde; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü ölçülebilirlik ortalama puanları bölgeye göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{23} hipotezi reddedilmiştir.

Cinsiyete göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü ölçülebilirlik ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{24} hipotezi reddedilmiştir.

Yaş dağılımlarına göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü ölçülebilirlik ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada bütün ölçütler için H_{25} hipotezi reddedilmiştir.

Eğitim durumuna göre; lisans mezunlarının sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü ölçülebilirlik ortalama puanları ($x=3.138$), lisansüstü mezunlarının sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü ölçülebilirlik ortalama puanlarından ($x=3.574$) düşük bulunmuştur ($t=-2.098$; $p=0.038<0.05$; $d=0.414$; $\eta^2=0.037$). Burada H_{26} hipotezi kabul edilmiştir.

Çalışma süresine göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü ölçülebilirlik ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{27} hipotezi reddedilmiştir.

3.3.4. Sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün alanda bulunma durumu ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumu

Sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün alanda bulunma durumuna ilişkin aşağıdaki hipotezler sınanmıştır.

H_{28} : Görev yaptıkları bölgeye göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü alandaki varlığı farklılık göstermektedir.

H_{29} : Cinsiyete göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü alandaki varlığı farklılık göstermektedir.

H_{30} : Yaş aralığına göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü alandaki varlığı farklılık göstermektedir.

H_{31} : Eğitim durumuna göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü alandaki varlığı farklılık göstermektedir.

H_{32} : Çalışma sürelerine göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü alandaki varlığı farklılık göstermektedir.

Sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait alanda bulunma durumu ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumuna ilişkin bulgular Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü alanda bulunma durumu ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumu

Demografik özellikler	n	Sosyo-ekonomik fonksiyonlar
Bölge		Ort±SS
Muğla	49	3.139±1.082
Isparta	25	3.356±0.820
Antalya	43	3.298±1.101
F=		0.453
p=		0.637
Cinsiyet		Ort±SS
Kadın	37	3.437±1.078
Erkek	80	3.155±1.009
t=		1.380
p=		0.170
Yaş		Ort±SS
18-25	7	3.818±1.024
26-33	41	3.131±1.010
34-41	38	3.160±1.067
42-49	17	3.663±0.659
50 ve Üzeri	14	3.007±1.278
F=		1.640
p=		0.169
Eğitim Durumu		Ort±SS
Lisans	79	3.298±1.042
Lisansüstü	38	3.132±1.024
t=		0.813
p=		0.418
Çalışma Süresi		Ort±SS
1-5	26	3.353±0.922
6-10	41	3.144±1.030
11-15	25	3.291±1.143
16 Yıl ve Üzeri	25	3.247±1.088
F=		0.236
p=		0.871

F: Anova Testi; t: Bağımsız Gruplar T-Testi; PostHoc:Tukey, LSD; p<0.05; Ort: Ortalama; SS: Standart sapma

Çizelge 6 incelendiğinde; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait alanda bulunma durumlarına ilişkin ortalama puanlar bölgeye göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{28} hipotezi reddedilmiştir.

Cinsiyete göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait alanda bulunma durumlarına ilişkin ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{29} hipotezi reddedilmiştir.

Yaşa göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait alanda bulunma durumlarına ilişkin ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{30} hipotezi reddedilmiştir.

Eğitim durumuna göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait alanda bulunma durumuna ilişkin ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{31} hipotezi reddedilmiştir.

Çalışma süresine göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait alanda bulunma durumuna ilişkin ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{32} hipotezi reddedilmiştir.

3.3.5. Sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün alanda planlama yapılmasına ait ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumu

Sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün alanda planlama yapılmasına ilişkin aşağıdaki hipotezler sınanmıştır.

H_{33} : Görev yaptıkları bölgeye göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait alanda planlama yapılması farklılık göstermektedir.

H_{34} : Cinsiyete göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait alanda planlama yapılması farklılık göstermektedir.

H_{35} : Yaş aralığına göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait alanda planlama yapılması farklılık göstermektedir.

H_{36} : Eğitim durumuna göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait alanda planlama yapılması farklılık göstermektedir.

H_{37} : Çalışma sürelerine göre sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait alanda planlama yapılması farklılık göstermektedir.

Sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütüne ait alanda planlama yapılmasına ilişkin ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumuna ilişkin bulgular Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7 incelendiğinde; katılımcıların bölgeye göre sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün planlama ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{33} hipotezi reddedilmiştir.

Cinsiyete göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün planlama ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{34} hipotezi reddedilmiştir.

Yaşa göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün planlama ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{35} hipotezi reddedilmiştir.

Çizelge 7. Sürdürülebilir orman yönetimi sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün alanda planlama yapılmasına ait ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumu

Demografik özellikler	n	Sosyo-ekonomik fonksiyonlar
		Ort±SS
Bölge		
Muğla	49	3.317±1.083
Isparta	25	3.651±1.076
Antalya	43	3.586±1.183
F=		0.998
p=		0.372
		Ort±SS
Cinsiyet		
Kadın	37	3.369±1.255
Erkek	80	3.542±1.055
t=		-0.778
p=		0.438
		Ort±SS
Yaş		
18-25	7	4.325±0.748
26-33	41	3.211±1.160
34-41	38	3.380±1.085
42-49	17	3.786±1.035
50 ve Üzeri	14	3.805±1.110
F=		2.386
p=		0.055
		Ort±SS
Eğitim Durumu		
Lisans	79	3.617±1.086
Lisansüstü	38	3.218±1.154
t=		1.824
p=		0.071
		Ort±SS
Çalışma Süresi		
1-5	26	3.462±1.155
6-10	41	3.348±1.085
11-15	25	3.378±1.111
16 Yıl ve Üzeri	25	3.851±1.133
F=		1.180
p=		0.321

F: Anova Testi; t: Bağımsız Gruplar T-Testi; PostHoc:Tukey, LSD; $p<0.05$; Ort: Ortalama; SS: Standart sapma

Eğitim durumuna göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün planlama ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{36} hipotezi reddedilmiştir.

Çalışma süresine göre; katılımcıların sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün planlama ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H_{37} hipotezi reddedilmiştir.

3.3.6. Sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumu

Sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğuna ilişkin aşağıdaki hipotezler sınanmıştır.

H_{38} : Görev yaptıkları bölgeye göre sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu farklılık göstermektedir.

H_{39} : Cinsiyete göre sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu farklılık göstermektedir.

H_{40} : Yaş aralığına göre sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu farklılık göstermektedir.

H_{41} : Eğitim durumuna göre sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu farklılık göstermektedir.

H₄₂: Çalışma sürelerine göre sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu farklılık göstermektedir.

Sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumuna ilişkin bulgular Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8 incelendiğinde; bölgeye göre; katılımcıların SOY ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₃₈ hipotezi reddedilmiştir.

Cinsiyete göre kadınların SOY ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu ortalama puanları ($x=4.006$), erkeklerin SOY ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu ortalama puanlarından ($x=3.640$) yüksek bulunmuştur ($t=2.067$; $p=0.041<0.05$; $d=0.411$; $\eta^2=0.036$). Burada H₃₉ hipotezi kabul edilmiştir.

Yaşa göre; katılımcıların SOY ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₄₀ hipotezi reddedilmiştir.

Eğitim durumuna göre; katılımcıların SOY ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₄₁ hipotezi reddedilmiştir.

Çalışma sürelerine göre; katılımcıların SOY ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu ortalama puanları anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Burada H₄₂ hipotezi reddedilmiştir.

Çizelge 8. Sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu ortalama puanlarının tanımlayıcı özelliklere göre farklılaşma durumu

Demografik özellikler	n	SOY ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu
		Ort±SS
Bölge		
Muğla	49	3.801±0.780
Isparta	25	3.773±0.808
Antalya	43	3.695±1.084
F=		0.160
p=		0.853
Cinsiyet		Ort±SS
Kadın	37	4.006±0.923
Erkek	80	3.640±0.874
t=		2.067
p=		0.041
Yaş		Ort±SS
18-25	7	4.206±1.014
26-33	41	3.776±0.995
34-41	38	3.750±0.873
42-49	17	3.444±0.655
50 ve Üzeri	14	3.865±0.892
F=		0.999
p=		0.411
Eğitim Durumu		Ort±SS
Lisans	79	3.734±0.863
Lisansüstü	38	3.801±0.990
t=		-0.375
p=		0.709
Çalışma Süresi		Ort±SS
1-5	26	3.919±0.826
6-10	41	3.721±0.829
11-15	25	3.636±1.188
16 Yıl ve Üzeri	25	3.764±0.789
F=		0.446
p=		0.721

F: Anova Testi; t: Bağımsız Gruplar T-Testi; PostHoc:Tukey, LSD; $p<0.05$; Ort: Ortalama; SS: Standart sapma

4. Tartışma ve sonuç

Ormanların insanlık için sağladığı ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel hizmetler, büyük boyutları göz önüne alındığında, sürdürülebilirliğinin korunması önem arz etmektedir. 1990'ların başlarında başlayan dünya genelindeki orman koruma ve sürdürülebilir yönetim çabaları, günümüzde daha geniş kapsamlı bir boyuta ulaşmıştır. Bu durumun en önemli nedenlerinden biri, iklim değişikliğinin etkileridir. İklim değişikliğinin yol açtığı etkilerle birlikte, dünya genelinde alınması gereken önlemler konusundaki tartışmalar hız kazanmış ve bu önlemlerin başında ormanların sürdürülebilir şekilde yönetilmesi gerekliliği ön plana çıkmıştır (Hakverdi, 2020).

SOY, orman ekosistemini bütünsel bir yaklaşımla ele alarak, ölçütler ile göstergelerin bir arada değerlendirilmesi gereken önemli bir kavramdır. SOY hedeflerine ulaşmak için yapılan çalışmaların, ulusal seviyede belirlenen ölçütlerle birlikte bölgesel veya orman yönetim birimi düzeyinde oluşturulan ölçütler ve göstergelerle uyumlu bir şekilde yürütülmesi büyük bir öneme sahiptir (Akyol, 2010). Dünyada, doğal kaynakların korunması ve verimliliklerinin artırılması amacıyla yürütülen çalışmalar geçmiş zamanlara dayanmaktadır. Orman kaynaklarının sadece odun hammaddesi değil, çok yönlü kullanımı uzun yıllar ormancılığın temel ilkesi olmuştur. Ancak artan çevre bilinci, insanların odun dışı ürünlerden faydalanma isteği, teknolojinin ilerlemesi ve doğanın sunduğu fırsatlar, orman kaynaklarının yönetiminde yeni yaklaşımların geliştirilmesini kaçınılmaz kılmıştır (Yıldırım ve Velioğlu, 2006).

Ülkemizde orman kaynaklarının neredeyse tamamı kamu mülkiyetinde olup, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yönetilmektedir. Bu teşkilat içerisinde, toplumun orman kaynaklarından beklentilerini karşılamak ve toplum refahına en yüksek katkıyı sağlamak amacıyla orman kaynakları yönetilmektedir. İşte devlet orman işletmeleri, ülkemiz ormancılığında orman kaynaklarının yönetimi faaliyetlerinin gerçekleştirildiği temel birimlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilirlik açısından öz değerlendirme yapmak, yönetimde sürekli iyileştirmeye, başka bir deyişle toplam kalite yönetimi anlayışının gelişmesine hizmet edecektir. Sürdürülebilirlik değerlendirmesinin sonuçları ile geliştirilecek olan stratejilerle, ormancılık uygulamalarında uyarlanabilir yönetim süreçleri geliştirilebilecektir (Durusoy, 2018).

Yapılan anket çalışmaları ile birlikte elde edilen bulgular incelendiğinde; SOY yönelik algı önermelerinin ortalama puanları yüksek bulunmuştur. SOY kavramının, orman mühendisleri tarafından genel olarak olumlu bir şekilde değerlendirildiğini göstermektedir. Öncelikle orman alanlarını bir odun kaynağı olarak görmeyen dışında ormanı bir ekosistem olarak düşünmek ve bu ekosistemi oluşturan tüm bileşenlerin dengeli bir şekilde sürdürülebilmesinin sağlanması gerekmektedir. Burada ekonomik, ekolojik ve sosyal bileşenlere sahip orman kaynaklarının koruma kullanma dengesinin sağlanarak, toplumun faydasına sunulması, mal ve hizmetlerin üretim faktörlerinin etkin kullanılması, bu etkinliği sağlayacak bilgi, beceri ve yetkinlik açısından yetişmiş insan gücünün varlığına bağlı olmaktadır (Porsuk, 2021). Gerekli konuda eğitimi almış bir birey, yapacağı işi daha hızlı, güvenli ve sağlıklı bir şekilde yapmakta ve bununla birlikte çevresel zararın olmadığı hatta çevresine ek faydalar olabileceği yüksek kaliteli bir iş ortaya

çıkarcasını sunabilmektedir (Engür, 2014). Yine tanımlayıcı demografik özelliklere göre yapılan ANOVA testi sonucuna göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir. Gruplar arasında SOY algısına yönelik tutumlarının homojen bir şekilde dağıldığını söyleyebiliriz. Aynı zamanda sürdürülebilirlik konusundaki algının genel olarak tanımlayıcı farklılıklara dayanmadığı düşünülebilir.

Sürdürülebilirliğe yönelik bilgi ve farkındalık önermelerinin ortalama puan sonuçlarına baktığımızda, önermelerin ortalama puanları yüksek bulunmuştur. Ortalama puanları yüksek olan farkındalık önermeleri, sürdürülebilirlikle ilgili yapılan eğitimler veya bilinçlendirme çalışmalarının olumlu bir etkisi olarak düşünülebilir. Bu tür çalışmaların, bireylerin sürdürülebilirlik konusunda bilinçlenmelerine ve olumlu tutumlar geliştirmelerine katkı sağlamış olabileceği yorumu yapılabilir. Aynı zamanda SOY ile ilgili politika, uygulama ve projelere genel bir destek olduğu da ifade edilebilir. Yine tanımlayıcı demografik özelliklere göre yapılan ANOVA testi sonucuna göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir. Bu durum, tanımlayıcı grupların SOY konusundaki algılarının benzer olduğunu gösterir. Ankete katılan orman mühendisleri arasında SOY farkındalık önermelerine için genel bir görüş birliği olduğu şeklinde değerlendirilebilir. Orman ekosistemleri ile iklim değişikliği arasında karmaşık bir ilişki bulunmaktadır. Günümüzde iklim değişikliğinin doğal sistemlere olan belirgin etkileri, küresel anlamda yağış rejimlerini, hidrolojik sistemleri ve canlıların yaşam alanlarını değiştirerek su kaynaklarına ve biyolojik çeşitliliğe etki etmektedir (IPCC, 2014). Ormanlar, karbon yutakları oluşturarak atmosferdeki karbon miktarını düzenlerken, aynı zamanda arazi kullanım değişikliği ve yangınlar gibi etkenlerle karbon salınımına da katkıda bulunurlar (Pachauri vd., 2014). Uygulayıcılar, orman alanlarını sürdürülebilir kılabilmek için küresel ve yerel düzeyde doğal kaynaklar ile toplum ilişkilerini değerlendirerek hedefler belirlemelidir (Kates vd., 2001). Orman yönetiminde uyarlanabilir bir yaklaşım benimsemek, müdahale etkilerini izlemek ve amaçları değerlendirmek, orman alanlarının sürdürülebilirliğini sağlamak için önemlidir (Côté, 2003).

Diğer bir sonuç SOY sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün önemidir. Puan ortalama sonucuna göre ölçüt ortalaması yüksek bulunmuştur. Ölçütün yüksek puan ortalaması, orman mühendislerinin sürdürülebilir orman yönetimine büyük bir önem verdiğini gösterir. Bu durum, sürdürülebilirlik ilkelerine uygun uygulamaların benimsendiği ve desteklendiği anlamına gelir. Ayrıca ölçütlerin SOY hedefleriyle uyumlu olduğu ve sürdürülebilirlik ilkelerine dayalı olarak orman kaynaklarının etkili bir şekilde kullanılıp korunduğu bir yönetim anlayışının benimsendiği söylenebilir. Sonuç olarak, doğru ve dengeli bir yönetim yaklaşımının benimsendiğini, çevresel, sosyal ve ekonomik faktörlerin dikkate alındığını ve orman kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanıldığını gösterir. Yine tanımlayıcı demografik özelliklere göre yapılan ANOVA testi sonucuna göre bölge müdürlüğü grupları ve ölçüt arasında anlamlı farklılık saptanmıştır. Yapılan analiz sonucunda Muğla OBM mühendislerinin ölçüt konusundaki değerlendirmelerinin Antalya OBM mühendislerine göre daha yüksek önem verdiğini göstermektedir. Bu durumun sebebinin Muğla OBM sertifikasyon çalışmaları olduğu düşünülmektedir. SOY, ormanların hangi işlevlerinin muhafaza edileceğini ve

hangilerinden yararlanılacağını tanımlayan ve uzun vadede planlayan bir kavramdır. Geçmişten günümüze ekolojik ve toplumsal işlevlere ait boyutların daha fazla önem kazandığı görülmektedir (Durusoy, 2012). Ormanları sertifikalandırmak, ormancılık faaliyetlerinin SOY ölçütleri kapsamında yürütülmesini sağlamak ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı veren bir sistemdir. Ayrıca sosyal ve kültürel gelişimlerle birlikte sertifikalı ürünlere yönelik de artmaktadır (Durusoy, 2002; Komut, 2016).

Bir diğer sonucu, SOY sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün ölçülebilirliği oluşturmaktadır. Yapılan puan ortalaması sonucuna göre; orta seviyede ölçülebilirlik ortalama puanına sahip olması, bu ölçüt için alanda belirgin iyileştirme ve standartlaştırma gerekliliğini gösterebilir. Ölçütün ölçülebilirlik düzeyini arttırmak için ölçütte iyileştirmeler yapılabilir, eksiklikler tespit edilerek stratejik düzenleme ve izleme gerçekleştirilebilir. Ölçütün ölçülebilirliğini değerlendirmede paydaşların aktif katılımları önem göstermekte olup, geri bildirimlerle birlikte ölçülebilirlik süreçleri değerlendirilebilir. Bu bağlamda, SOY uygulamalarını daha etkili bir şekilde değerlendirmek ve geliştirmek için ölçütteki ölçülebilirlik düzeylerine odaklanmak gerekebilir. Bu da ormancılık çalışmalarında sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma çabalarını destekleyebilir. Yine tanımlayıcı demografik özelliklere göre yapılan ANOVA testi sonucuna göre; sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü ölçülebilirliği ile eğitim düzeyi arasında anlamlı farklılık bulunmaktadır. Yapılan istatistiksel sonuçlara göre, lisansüstü eğitim düzeyine sahip katılımcıların bu ölçütün ölçülebilirliği konusunda daha olumlu değerlendirmelerde bulunduğunu gösterir. Özellikle son yıllarda toplum iklim değişikliği sebebiyle oluşan çevresel sorunlara önem vermektedir. Bu sorunları en aza indirmek için doğal kaynakların ve ormanların korunması ön plana çıkmaktadır. Toplum bu kaynaklardan sağlanan ürün ve hizmetler konusunda belirli bir algıya sahip olmakta ve bilinç düzeyi artmaktadır (Pak vd., 2021). Genel olarak, ormanların sosyo-ekonomik fonksiyonları, ekonomik refahın yanı sıra toplumların kültürel ve sosyal bağlamda nasıl etkilendiğini değerlendirmek için önemlidir. Bu değerlendirme, orman yönetimi politikalarının daha kapsamlı bir perspektiften ele alınmasını sağlar ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine uygun stratejilerin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Bu bağlamda, lisansüstü eğitim seviyesinin toplumun çevresel konulardaki bilinç düzeyini ve ormanların sosyo-ekonomik fonksiyonlarına yönelik ölçülebilirlik değerlendirmelerini artırdığı söylenebilir. Bu tür bilgiler, orman yönetimi politikalarının ve sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin daha etkili bir şekilde tasarlanmasına ve uygulanmasına yardımcı olabilir.

Bir diğer sonucu, SOY sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün alandaki varlığı oluşturmaktadır. Ölçüt için ortalama puana baktığımızda orman mühendislerinin orta düzeyde bir değerlendirme yaptıkları görülmektedir. Burada katılımcıların homojen bir görüşe sahip olduğu ya da bu ölçü için farklı derecelerde önem verdikleri söylenebilir. Ölçüt için katılımcılar, farklı deneyimlerine, eğitim seviyelerine veya mesleki uzmanlık alanlarına göre farklı değerlendirmelerde bulunmuş olabilirler. Katılımcıların tanımlayıcı özelliklerine göre yapılan ANOVA testi sonucuna göre ise anlamlı farklılık gözlemlenmemiştir. Bu da tanımlayıcı özelliklere bağlı olarak katılımcıların değerlendirmelerinde benzer bir eğilim olduğunu göstermektedir.

Bir diğer sonucu, SOY sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün planlanması oluşturmaktadır. Yapılan puan ortalaması sonucuna göre ölçütün ortalaması yüksek bulunmuştur. Burada SOY sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün planlanması sürecinde başarılı bir uygulama yapıldığını düşündürebilir. Yapılan planlamada belirlenen hedeflerin etkili bir şekilde uygulandığını, kaynakların doğru bir şekilde yönetildiğini ve sürdürülebilirlik ilkelerinin dikkate alındığını gösterebilir. Aynı zamanda orman kaynaklarının sürdürülebilir kullanıldığını ve ekosistemlerin korunduğunu ifade edebilir. Ülkemiz doğal kaynaklarının varlığının devam etmesi, genetik kaynaklarının varlığıyla mümkün olmaktadır. Var olan bu kaynağı korumak ve sürdürülebilirliğini sağlamak için SOY planlarını entegre etmek ve bununla birlikte yasal politikalar geliştirmek ve uygulamak önemlidir (Hakverdi, 2020). Geçmiş zamanlarda, yapılan tek bir planlama ile ormanların üretmiş olduğu mal ve hizmetler yönetilirken, günümüzde ise her bir orman parçasının barındırdığı olanaklar ile birlikte ilişkili toplumların talepleriyle birlikte çok aşamalı bir planlama yaklaşımı tercih edilmelidir (Ok, 2000). Bir planlama ile desteklenen ve yeterli düzeyde uygun amaçlar ve kaynaklar oluşturmak etkili bir alan yönetimi için gerekli olmaktadır fakat planlamada amaç ve kaynaklar iyi tanımlanamazsa, etkili bir alan yönetiminden söz edilemez (Hockings, 2006).

Bir diğer sonucu, SOY ölçüt ve göstergelerine yönelik algılanan ölçme zorluğu oluşturmaktadır. Yapılan puan ortalamaları sonucuna göre ölçme zorluğu ortalama puanları yüksek bulunmuştur. Ortalama puanın yüksek olması katılımcıların SOY ölçüt ve göstergelerinin ölçülmesinde zorlandıklarını göstermektedir. Ormanlık işleri genellikle açık alanlar üzerinde yapılmaktadır. Bununla birlikte uygun olmayan iklim koşulları, engebeli arazi durumları, yerleşim yerlerinden uzak olması, su kaynaklarının sağlıklı olmaması, güvenliğin yeterli olmaması gibi etkenler nedeniyle çoğu tehlikeye açık konumda olmaktadır (Menemencioglu, 2012). Yine orman örgütlenmesindeki çalışma yapısıyla ilgili yapılan iyileştirme koşullarına rağmen sorunlar yaşandığı görülmektedir. Ormanlık mesleğinin kendine has çalışma koşullarından kaynaklanan belirgin olmayan çalışma saatleri, iş yükü gibi faktörler mühendislerin etkinliğini azaltmaktadır (Alkan, 2014; Alkan ve Uğur, 2016; Alkan, 2018; Akyol vd., 2022). Ülkemizde ormanlık örgütlerinin zorlu çalışma koşulları ve ülke yeryüzünün farklı arazi örtüsüyle kaplı olması sebebiyle SOY çalışmalarında aksamalar olduğu söylenebilir.

Yapılan ANOVA testi sonucuna göre ise, tanımlayıcı özelliklerden cinsiyet anlamlı şekilde farklılaşmıştır. Kadın orman mühendislerinin SOY ölçüt ve göstergelerini ölçme zorluğu daha yüksektir. Ormanlık çalışmaları, farklı faydalanma biçimlerini konu alan birim olup, bu faydaların bölgeye göre farklılık göstermesi olağandır. Her bölgenin kendine özgü iklimi, coğrafi yapısı, toplumsal anlayışı, sosyo-ekonomik durumu gibi özellikleri bölgesel farklılığın temelini oluşturmaktadır (Geray, 1993; Pak vd., 2021). Ormanlık sektöründe çalışan kadın orman mühendislerinin uzun ve belirsiz çalışma saatlerinin oluşu, arazi şartları, temel ihtiyaçları gidermeye yönelik sosyal imkânların bulunmaması, aile hayatına yeterli vakti ayıramama ve özellikle toplumdan kaynaklı önyargılara maruz kalma gibi sorunlar (Yıldırım, 2021), mühendislerin SOY ölçüt ve göstergelerini değerlendirme konusundaki algılarını etkiliyor olabilir.

SOY sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün değerlendirilmesinin temel amacı, üst düzey karar alıcıları

bilgilendirmektir. Aynı zamanda, yerel düzeyde veya kurum içinde çözülebilecek sorunları tespit etmek ve bu sorunların çözümü için paydaşlarla iş birliği yapmaktır (OGM, 2023). Nihayetinde ormancılık, çeşitli kullanım biçimlerini içeren bir alan olup, bu kullanım biçimlerinin bölgesel olarak farklılık göstermesi doğaldır. Her bölgenin kendine özgü iklimi, coğrafi yapısı, toplumsal normları, sosyo-ekonomik koşulları gibi özellikleri, bölgesel farklılıkların temelini oluşturur (Geray, 1993; Pak vd., 2021).

SOY sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü üzerine gerçekleştirilen anket sonuçlarına dayanarak elde edilen verilere göre, orman mühendislerinin genel görüşü, ölçütün orman ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi açısından önemli bir katkı sağladığı yönündedir. SOY sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütü, bir toplumun genel refah durumunu değerlendirmek ve sürdürülebilir kalkınma için stratejik planlamada kullanılan önemli araçlardır. Bu fonksiyonlar, politika yapıcılarına, sosyal bilimciler ve toplum liderlerine, daha adil, sürdürülebilir ve sağlıklı toplumlar oluşturmak için rehberlik etme konusunda önemli bilgiler sağlar. Ayrıca, SOY sosyo-ekonomik fonksiyonlar ölçütünün orman planlaması, izleme ve değerlendirme süreçlerine entegre edilmesinin, uzun vadeli orman yönetimi stratejilerinin oluşturulmasında kritik bir rol oynayabileceği söylenebilir. Bu sonuçlar, orman kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı konusundaki karar alma süreçlerinde SOY ölçüt ve göstergelerin benimsenmesinin ve uygulanmasının gerekliliği konusundaki genel ortak bir görüşü yansıtmaktadır.

Açıklama

Bu makale, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanan "Sürdürülebilir Orman Yönetimi Ölçüt ve Göstergelerinin Uygulanmasındaki İlerleme ve Zorluklara İlişkin Orman Mühendislerinin Görüşleri: Batı Akdeniz Bölgesi Örneği" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

Kaynakça

- Akyol, A., 2010. Sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerinin Türkiye modeli. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Akyol, A., Tolunay, A., 2014. Sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerinin Türkiye için modellenmesi. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 15(1): 21-32.
- Akyol, A., Hakverdi, A.E., Türkoğlu, T., 2022. Orman mühendislerinin iş doyumunu etkileyen faktörler, Turkish Journal of Forest Science, 6(1): 310-326.
- Alkan, H., 2014. Ormanlık kamuoyunun rotasyon uygulaması ve mühendis kadrolarına ilk defa yapılacak atamalarda kullanılan sınav sisteminin değiştirilmesine yönelik görüşleri. Orman Mühendisliği Dergisi, 51(7): 34-38.
- Alkan, H., 2018. Örgütsel bağlılık, sinizm, yabancılaşma ve ormancılık örgütleri. Turkish Journal of Forestry, 19(3): 265-274.
- Alkan, H., Eker M., 2005. Orman kaynaklarından faydalanmanın sürdürülebilirliğine dar ölçekli bir bakış. Türk Ormanlığında Uluslararası Süreçte Acil Eyleme Dönüştürülmesi Gereken Konular, Mevzuat Ve Yapılanmaya Yansımaları, Orman Mühendisleri Odası Sempozyumu, 22-24 Aralık, Antalya, s. 423-437.
- Alkan, H., Uğur, T., 2016. Örgütsel stres ve yönetimi: Orman işletmeleri örneği. Turkish Journal of Forestry, 17(2): 107-117.
- Côté, M. 2003. Dictionnaire de la foresterie, Dictionary of Forestry, Dictionario de foresteria. Québec City: Ordre des ingénieurs forestiers du Québec.

- Durusoy, İ., 2002. Sertifikalandırma ve Türkiye ormancılığında gerekliliği, olabilirliği, uygulanması sürecinde karşılanması muhtemel darboğazların ve fırsatların irdelenmesi. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Durusoy, İ., 2012. Türkiye ormancılığı için sürdürülebilir orman yönetimi ölçütlerinin belirlenmesi. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 8(1): 41-49.
- Durusoy, İ., Keleş, S., Aksoy, N., Ketten, A., Kayacan, B., Yılmaz, M., 2018. Yerel Düzeyde Orman Yönetiminin Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesi ve Sürdürülebilir Orman Yönetimi. TOVAG, Proje No: 112O253.
- Engür, M.O., 2014. Odun Üretiminde Çalışanların Eğitimi-Ağaç Kesme ve Boylama Operatörü. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara
- Geray, U., 1993. Türkiye’de orman kaynakları yönetiminin geliştirilmesine ilişkin sorunlar. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 43(2): 15-30.
- Geray, U., 1998. Ulusal Çevre Eylem Planı, Orman Kaynaklarının Yönetimi. Devlet Planlama Teşkilatı Yayını, Ankara.
- Hakverdi, A.E., 2020. Türkiye’de sürdürülebilir orman yönetimi kriter ve göstergelerinin değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 21(3): 332-343.
- Hockings, M., 2006. Evaluating Effectiveness: A framework for assessing management effectiveness of protected areas. IUCN.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. Mac Cracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp:1132.
- Kates, R.W., Clark, W.C., Corell, R., Hall, J.M., Jaeger, C.C., Lowe, I., McCarthy, J.J., Schellnhuber, H.J., Bolin, B., Dickson, N.M., 2001. Sustainability science. Science, 292(5517): 641-642.
- Komut, O., 2016. Türkiye’de ormancılık ve orman ürünleri endüstrisinde sertifikasyon: sektörel durum ve farkındalık çözümlemesi. Doktora tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Korkmaz, M., Adıgüzel, O.A., 2021. Türkiye’de orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumuna ilişkin değerlendirmeler. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 417-425.
- Menemencioglu, K., 2012. Tarım ve orman işçiliğinde çalışma yeri koşulları ve karşılaşılan sorunlar. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, (2): 72-76.
- OGM, 2020. Sürdürülebilir orman yönetimi kriter ve göstergeleri 2019 Türkiye raporu, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/SurdurulebilirOrmanYonetimi/2019%20SOY%20K.G%20T%C3%9CRK%C4%B0YE%20RAPORU.pdf>, Erişim: 12.08.2023.
- OGM, 2023. Orman Genel Müdürlüğü, Sürdürülebilir orman yönetimi kriter ve göstergeleri uygulama kılavuzu, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/SurdurulebilirOrmanYonetimi/SOY%20K.G%20UYGU-LAMA%20KILAVUZU.pdf>, Erişim: 25.03.2023.
- Ok, K., 2000. Orman kaynakları planlaması ve aşamalı yaklaşım. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 49(1-2-3-4): 45-64.
- Özdönmez, M., İstanbullu, T., Akesen, A., Ekizoğlu, A., 1996. Ormancılık Politikası. İ.Ü. Yayın No: 3968, Orman Fakültesi Yayın No:435, İstanbul.
- Öztürk, A., Türker, M.F., 2005. Farklı ilgi gruplarının orman kaynaklarına ve orman kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine ilişkin görüşlerinin belirlenmesi: Maçka Devlet Orman İşletmesi örneği. Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 6 (2): 135-145.
- Pachauri, R.K., Allen, M.R., Barros, V.R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Van Ypserle, J.P., et al. 2014. Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (p. 151).
- Pak M., Akçay, O.N., Okumuş, A., 2021. Ormancılık faaliyetlerinde karşılaşılan teknik, ekonomik ve sosyal sorunların belirlenmesi (Güneydoğu Anadolu Bölgesi Örneği), Turkish Journal of Forest Science, 5(1): 246-265.
- Porsuk, T., 2021. Mesleki yeterlilik sistemi ve sürdürülebilir orman yönetimindeki önemi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 7(1): 34-45.
- Salant, P., Dillman, D.A., 1994. How to conduct your own survey. John Wiley and Sons, Inc, New York.
- TOB, 2023. Tarım ve Orman Bakanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Kurakl%C4%B1k%20Y%C3%B6netim%20Planlar%C4%B1/Bat%C4%B1%20Akdeniz%20Havzas%C4%B1%20Kurakl%C4%B1k%20Y%C3%B6netim%20Plan%C4%B1%20Cilt%201.pdf>, Erişim: 26.08.2023.
- Türker, M.F., Öztürk, A., Pak, M., Durusoy, İ., 2002. Orman Kaynağından Geleneksel ve Çağdaş Yararlanma Şekilleri: Dünya ve Ülkemizdeki Durum. Kırsal Çevre Yıllığı, 1: 30-56.
- Yıldırım, H., Velioglu, N., 2006. Sürdürülebilir orman yönetimi kriter ve göstergelerin irdelenmesi. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 56(1): 129-140.
- Yıldırımalp, S., 2021. Türkiye’de kadın mühendis olmak: orman mühendisi kadınlar özelinde nitel bir araştırma. Fırat Üniversitesi Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 5(1): 51-88.

Çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımı ile yeşil örgütsel davranış arasındaki ilişkinin incelenmesi: Orman mühendislerine yönelik bir araştırma

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

Özet: İnsanların çevreye karşı takındıkları tutum ve davranışlar çevresel yaklaşım olarak nitelendirilmektedir. Çevrenin hızla önem kazanması bireylerin çevreye karşı olumlu tutum göstermesini tetiklemiştir. Olumlu bir yaklaşımı benimseyen bireyler aynı zamanda çevreyi koruma düşüncesiyle olumlu davranışlar sergilemektedirler. Bu araştırma çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımının yeşil örgütsel davranış üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Verilerin elde edilmesinde anket tekniğinden yararlanılmıştır. Çevrimiçi (online) olarak kamuda çalışan orman mühendislerine yönelik yürütülen ankete 120 kişi katılmıştır. Verilerin analiz edilmesinde SPSS 22 programından yararlanılmıştır. Verilerin analizinde Faktör Analizi, Mann-Whitney U testi ve Kruskal Wallis-H testleri ile Korelasyon analizinden yararlanılmıştır. Araştırma bulgularına göre orman mühendislerinin eğitim durumlarına göre yeşil örgütsel davranışlarının anlamlı farklılık gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca çevre ve doğa koruma yaklaşımlarının yeşil örgütsel davranış üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çevre koruma, Çevresel bilinç, Orman mühendisi, Yeşil örgütsel davranış

Examining the relationship between the environmental and nature protection necessity approach and green organizational behavior: A research on forest engineers

Abstract: The attitudes and behaviors of people towards the environment are described as environmental approach. The rapid importance of the environment has triggered individuals' positive attitudes towards the environment. Individuals who adopt a positive approach also exhibit positive behaviors with the idea of protecting the environment. This research was carried out to determine the effect of the environmental and nature protection necessity approach on green organizational behavior. Survey technique was used to obtain the data. 120 people participated in the survey conducted online for forest engineers working in the public sector. SPSS 22 program was used to analyze the data. Factor Analysis, Mann-Whitney U test and Kruskal Wallis-H tests and Correlation analysis were used to analyze the data. According to the research findings, it was determined that the green organizational behaviors of forest engineers differed significantly according to their educational status. Additionally, it has been determined that environmental and nature protection approaches have a statistically significant and positive effect on green organizational behavior.

Keywords: Environmental protection, Environmental awareness, Forest engineer, Green organizational behavior

1. Giriş

İnsanoğlu yaşanabilir temiz bir çevreye her zaman ihtiyaç duyduğu için yaşadıkları ortamı daima korumak zorundadır. Ancak, günümüzde küreselleşme, bilgi-teknoloji alanındaki ilerlemeler vb. ile birlikte değişen sosyolojik yapı neticesinde insanoğlunun ihtiyaçları her geçen gün çeşitlenmekte ve artmaktadır. Buna toplumun bazı kesimlerinin ihtiyaçları ile ihtiraslarını karıştırır hale gelmesi de eklenince tüketim kültürü ve davranışları değişerek tüketim toplumunu ortaya çıkarmıştır. Nitekim Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin raporunda da iklim değişikliğine neden olan sıcaklık artışlarının temel nedeninin insan kaynaklı olduğu belirtilmiştir (Demirbaş ve Aydın, 2020). Tüketim odaklı davranışlar koruma kullanma dengesini bozmuş ve çevre üzerindeki bu baskı günümüzün

en önemli problemlerinden olan çevresel problemleri ortaya çıkarmıştır (Kardaş ve Cebe, 2018). Bunlardan en önemlisi de yanlış arazi kullanımı, ormansızlaşma, tarım arazilerinin bilinçsizce tahrip edilmesi, yenilenebilir enerji yerine fosil yakıtlarının kullanılması gibi nedenlere dayandırılan küresel iklim değişikliğidir (Boz vd., 2020). Bu çevre sorunlarının insan yaşamını tehdit eder hale gelmesiyle ciddiyeti gün geçtikçe anlaşılmaktadır (Bowonder, 1986). Bu ciddiyet sadece bireysel olarak değil kurumsal olarak da bazı faaliyetlerin yapılmasını zorunlu kılmıştır. Bu faaliyetlerin en güzel örneklerinden biri olarak, iklim değişikliği ile mücadele noktasında OGM tarafından yapılan ormancılıkta sertifikalandırma faaliyetleri oldukça önemlidir. Sertifikasyon, bir ürünün hammaddesinin sosyal, ekonomik ve ekolojik olarak uygun şekilde üretildiğini ifade etmektedir (Akyol ve Tolunay, 2014). Bu faaliyetler, OGM bünyesinde

^a Tarım ve Orman Bakanlığı, Aydın Şube Müdürlüğü, Aydın

^b Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 22.11.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 23.02.2024



Citation (Atıf): Topaloğlu, G., Özen, M., 2024. Çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımı ile yeşil örgütsel davranış arasındaki ilişkinin incelenmesi: Orman mühendislerine yönelik bir araştırma. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 12-20.

DOI: [10.18182/tjf.1394594](https://doi.org/10.18182/tjf.1394594)

görev yapan orman mühendisleri başta olmak üzere ilgili teknik personel aracılığı ile gerçekleştirilmektedir.

Çevre ve doğanın korunması noktasında insanların olumlu yaklaşım sergilemesi oldukça önemlidir. İnsanların çevresel bilinç kazanması çevreye karşı duyarlılıklarının artmasına ve çevresel problemlerin çözümünün bir parçası olma konusundaki istekliliğinin oluşmasına katkı sağlayacaktır. Yeşil davranış, insanların çevreye en az zarar verme gayesiyle sergiledikleri davranışlar olarak tanımlanmaktadır (Özalp, 2019). Yeşil örgütsel davranış ise belli çevresel farkındalık düzeyi ve çevreci bir anlayış ile davranışların şekillenmesi olarak ifade edilebilir (Sönmez, 2020). Yeşil örgütsel davranış, çevresel konulara karşı ilgili olma ve çevresel problemlerin çözümündeki istekliliği olarak ifade edilen *çevresel duyarlılık* (Çabuk ve Karacaoğlu, 2003), çevre dostu uygulamaları destekleme şeklinde tanımlanan *çevresel katılım* (Şimşekli, 2004), kaynakların tasarruflu kullanılmasını ifade eden *ekonomik duyarlılık* (Erbaşı, 2018), çevreye duyarlı ürünlerin üretim süreçlerinin destekleme olarak tanımlanan *teknolojik duyarlılık* (Kılınç, 2019) ve çevresel sorunlara karşı duyarlı olarak geri dönüşüme uygun çevre dostu ürünlerin satın alınmasını ifade eden *yeşil satın alma* (Min ve Galle, 2001; Sarkis, 2001) gibi unsurları bünyesinde barındırmaktadır. Temelde bu kavramların tamamı yeşil örgütsel davranışı ifade etmektedir.

Sanayileşme ve nüfus artışına paralel olarak çevre üzerindeki baskı gün geçtikçe artmaktadır. Bununla birlikte çevre duyarlılığı kazanmış tüketicilerin artması örgütlerin de bu konuda hassas olmasını zorunlu kılmıştır. Örgütler çevresel sorunlarına karşı önem almak ve üstesinden gelebilmek için çevre dostu kavramlar, yeşil satın alma davranışı ve sürdürülebilirlik konularına odaklanmışlardır (Weerathna vd., 2017). Nitekim çevrenin korunması ve gelecek nesillere aktarılması noktasında yeşil davranışlar ve sürdürülebilirlik oldukça önemlidir. Ancak örgütlerin işleyiş stratejilerini yeşil odağında belirlemesinin yanı sıra çalışan bireylerinde yeşil kavramını benimseyip bu çerçevede davranışlarını sergilemesi gerekmektedir (Boiral vd., 2015).

Çevre bilincinin artması ile yeşil kavramı da gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Literatürde eğitim (Sönmez, 2020), sağlık (Aslan vd., 2023) tekstil (Yiğit, 2022), turizm (Yaşar, 2023) gibi farklı sektörlerde yeşil örgütsel davranışların araştırıldığı eserler bulunmaktadır. Ancak ormancılıkta yeşil örgütsel davranış üzerine araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Ekosistemin önemli bir unsuru olan ormanların korunması ve doğru işletilmesi yeşil kavramı ile ilişkilendirildiğinde göz ardı edilemeyecek alanlardır. Çevre yönetimi ve doğanın korunmasında önemli roller üstlenen orman mühendislerinin çevresel yaklaşımları ve davranışları da bu nedenle oldukça önemlidir. Bu düşünceden hareketle araştırmada Orman Genel Müdürlüğü (OGM)'nde görev yapan orman mühendislerinin çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımı (ÇDGY) ile yeşil örgütsel davranış (YÖD) arasındaki ilişki incelenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

Araştırmada OGM'de görev yapan orman mühendislerinin çevre ve doğa koruma yaklaşımları ve yeşil örgütsel davranış arasındaki ilişki ile bu kavramların demografik özelliklere göre farklılık durumlarının incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla araştırma kapsamında aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur:

- H₁: ÇDGY ve YÖD cinsiyete göre anlamlı farklılık göstermektedir.
H₂: ÇDGY ve YÖD göreve göre anlamlı farklılık göstermektedir.
H₃: ÇDGY ve YÖD yaşa göre anlamlı farklılık göstermektedir.
H₄: ÇDGY ve YÖD medeni duruma göre anlamlı farklılık göstermektedir.
H₅: ÇDGY ve YÖD eğitim durumuna göre anlamlı farklılık göstermektedir.
H₆: ÇDGY ve YÖD arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde bir ilişki vardır.

Araştırma verilerinin toplanmasında anket tekniğinden yararlanılmıştır. Anket formunun tasarlanmasında öncelikli olarak literatür taraması yapıp konu ile ilgili kaynaklardan yararlanılmıştır. Anket formlarının uygulanması için Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 182/05 no'lu kararı ile etik kurul izni alınmıştır. Literatür taraması sonucunda; ÇDGY ölçeği Yılmaz (2009), YÖD ölçeği ise Erbaşı (2019) tarafından geliştirilen Bulut (2022)'ün çalışmasında kullandığı ölçeklerden yararlanılmıştır. Anket formu 3 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm katılımcıların profil özelliklerini belirleme yönelik sorulardan oluşmaktadır. İkinci bölüm çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımına yönelik önermelerden oluşmaktadır. Son bölüm ise yeşil örgütsel davranışa yönelik önermelerden oluşmaktadır. Çevre üzerindeki olumsuz baskılar nedeniyle yaşanabilir bir çevreye günden güne daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle bu çevresel problemlerin çözümünde katılımcı bir yaklaşımla bireysel farkındalığın artırılması ve olumlu yaklaşımların desteklenmesi gerekmektedir (Chapman ve Sharma, 2001). Bu nedenle çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımı ölçeğinde çevresel bilinç ve tutumu belirleme amacına yönelik ifadeler yer almaktadır. Çevreye karşı duyarlı ve olumlu tutum sergileyen bireylerin davranışlarının da bu doğrultuda şekillenmesi beklenmektedir. Yeşil örgütsel davranışı, çevreye duyarlı tüketicilerin davranışlarını şekillendiren eylemler olarak ifade edilmektedir (Sönmez, 2020). Yeşil örgütsel davranış ölçeğinde de katılımcıların yeşil davranışlarını ölçmeye yönelik ifadeler yer almaktadır. Anket formunda 5'li likert tipi ölçek kullanılmıştır (1: Hiç katılmıyorum, 2: Katılmıyorum, 3: Ne katılıyorum ne katılmıyorum, 4: Katılıyorum, 5: Tamamen katılıyorum).

Çalışmanın evrenini OGM'de görev yapan orman mühendisleri oluşturmaktadır. OGM'de 2023 yılı itibari ile farklı pozisyonlarda görev yapan yaklaşık 12000 orman mühendisi bulunmaktadır (OGM, 2023). Buna göre örneklem büyüklüğü 96 olarak hesaplanmıştır. Ancak araştırmada güvenirliliğin artırılması amacıyla 120 orman mühendisi ile çevrimiçi (online) olarak anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Örneklem büyüklüğünün hesaplanmasında aşağıdaki (1) numaralı denklemden (Özdamar, 2013) yararlanılmıştır.

$$n = \frac{z^2 N p q}{N d^2 + z^2 p q} \quad (1)$$

- n: örnek büyüklüğü
z: güven katsayısı (%95'lik güven için bu katsayı 1,96 alınmaktadır)
N: ana kütle büyüklüğü

p: ölçmek istenilen özelliğin ana kütlede bulunma ihtimali (Çalışma çok amaçlı olduğu için bu oran %50 alınmıştır.)

q: 1-p

D: kabul edilen örnekleme hatası (Çalışma için %10'luk bir örnekleme hatası öngörülmüştür.)

Araştırma kapsamında elde edilen veriler SPSS 22.0 istatistik paket programı yardımıyla değerlendirilmiştir. Verilerin normal dağılıma sahip olup olmadığını test etmek için Kolmogorov-Smirnov testi yapılmıştır. Kolmogorov-Smirnov testinde p değeri 0,05'ten küçük olduğu için verilerin normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir (Efek vd., 2018; Efek ve Yiğiter, 2021). Bu nedenle araştırmada veri analizi için parametrik olmayan testler uygulanmıştır. İkili karşılaştırmalarda (cinsiyet ve medeni duruma göre farklılık durumlarının tespiti için H1 ve H4 hipotezleri kapsamında) Mann-Whitney U testi, ikiden fazla grubun bulunduğu değişkenlerin karşılaştırılmasında (yaş, eğitim durumu ve göreve göre farklılık durumlarının tespiti için H2, H3 ve H5 hipotezleri kapsamında) Kruskal Wallis-H testinden yararlanılmıştır (Tozluoğlu vd., 2020). İki sayısal değişken arasındaki ilişkiyi ve bu ilişkinin yönünü ve şiddetini belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmaktadır. Bu nedenle araştırmada ÇDGY ve YÖD değişkenleri arasındaki ilişkinin tespiti için korelasyon analizinden yararlanılmıştır. Araştırmada veriler normal dağılıma sahip olmadığı için H_0 hipotezi kapsamında Spearman korelasyon analizi kullanılmıştır (Kalaycı, 2008).

Ölçeklerin güvenilirliğini ve geçerliliğini test etmek ve çok fazla değişkenin tanımlanabilir belli sayıda değişkenle temsil edilmesine ilişkin açıklayıcı faktör analizi (AFA) (Büyüköztürk, 2002) kullanılmıştır. Faktör yapıları belirlenirken her bir önermenin faktör yükünün 0,30 ve üzerinde olması gerekmektedir (Neale ve Liebert, 1980; Harrington, 2009). AFA'da ölçeklerin güvenilirliğini ortaya koymak için crochbach's alfa katsayısından yararlanılmıştır. Bu katsayı 0,40 ve altında ise ölçek güvenilir değil, 0,41-0,59 arasında ise ölçek düşük güvenilir, 0,60-0,79 arası güvenilir ve 0,80 üzerinde ise ölçek oldukça güvenilir olarak kabul edilmektedir (Özdamar, 2002; Nunnally ve Bernstein, 1994). Araştırmada ÇDGY ölçeği crochbach's alfa katsayısı 0,539 YÖD crochbach's alfa katsayısı ise 0,952 olarak tespit edilmiştir.

Faktör yapıları belirlenirken dikkat edilmesi gereken bir hususta binişik değer ve toplam açıklanan varyans oranı (AVO)'dır. Binişik değer aynı anda birden fazla faktörü temsil eden ve bu faktör yükleri arasındaki değeri 0,10'dan az olan önermedir (Çokluk vd., 2012). Binişik değer olan önermelerin analizden çıkarılması gerekmektedir. Büyüköztürk (2012) ve Eroğlu (2008)'na göre davranış bilimleri açısından AVO'nun %40 olması yeterlidir. Verilerin faktör analizine uygun olup olmadığını test etmek için ise Kaise-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett testi yapılmıştır (Keklik, 2023). KMO değerinin 0,50 ve üzerinde olması, Bartlett küresellik testinin ise anlamlı olması verilerin faktör analizine uygun olduğunu göstermektedir (Field, 2000; Ergin vd., 2023). Ölçeklerin KMO ve Bartlett testinin değerlerinin yeterli düzeyde olduğu görülmektedir.

3. Bulgular

3.1. Katılımcıları tanımlayan bazı özellikler

Katılımcıları tanımlayan bazı özellikler Çizelge 1'de gösterilmiştir. Buna göre anket çalışmasına katılanların %12,5'i kadın %87,5'i erkektir. Katılımcıların yaklaşık dörtte üçü lisans (%76,7) ve %23,3'ü ise lisansüstü mezundur. Yine katılımcıların %60,9'u 25-35 yaş aralığında, %62,5'i evli ve %37,5'i ise bekar. Araştırmaya katılan orman mühendislerinin %44,2'si orman işletme şefi, %35,3'ü mühendis, %9,2'si ise Ağaçlandırma ve Toprak Muhafaza (ATM) şefi olarak görev yapmaktadır.

3.2. Çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımı ölçeğine ait bulgular

3.2.1. Çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımı ölçeğine yönelik katılımcı görüşleri

Çizelge 2'de orman mühendislerinin ÇDGY ölçeğindeki likert tipi ölçümlere göre yapılan önermelere yönelik değerlendirmeleri yer almaktadır. Çizelgeye göre "Doğal kaynaklar tüm insanlığın ortak malıdır. Bu nedenle kaynakları kullanan ve kirlüten işletmeler "kirlüten öder düşüncesiyle, zararı karşılamak koşuluyla kullanılabilir" önermesine orman mühendislerinin %10,8'i kesinlikle katılmadığını %29,2'si katıldığını %41,7'si ise kesinlikle katıldığını, "Doğal kaynaklardan ekonomik bir yararın elde edilmesi söz konusu ise, öncelikle kullanılması ön planda olup, korunması ikinci planda olmalıdır" önermesine ise katılımcıların %19,2'si kesinlikle katılmadığını %10,8'i ise katılmadığını belirtmişlerdir. "Doğal kaynaklar tüm insanlığın ortak malıdır. Bu nedenle kullanımı da ortak olmalıdır. Bireylere satılmaz ve kiralanamaz" önermesine orman mühendislerinin %4,2'si kesinlikle katılmadığını %42,4'ü kesinlikle katıldığını belirtmişlerdir. "Sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda kuşaklar arası eşitlik olmalıdır. Gelecek kuşaklara bozulmamış bir çevre bırakılmalıdır" önermesine katılımcıların %23,3'ü katıldığını %69,1'i ise kesinlikle katıldığını ifade etmişlerdir.

3.2.2. Çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımı ölçeğine ait faktör analizi bulguları

Çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımı ölçeğine ilişkin AFA sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'te görüldüğü üzere ÇDGY ölçeği 6 maddeden oluşan 2 faktörlü yapıya sahiptir. Ölçeğin faktör yükleri 0,408-0,731 arasında değişmektedir. Ölçekte 1, 4 ve 5. maddeler 1. faktör 2, 3 ve 6. maddeler 2. faktör altında toplanmıştır. Ölçeğin 1.faktöre ait Cronbach alfa katsayısı 0,664 2.faktöre ait Cronbach alfa katsayısı 0,603 ölçeğin tamamına ait ise 0,539 olarak tespit edilmiştir. Ölçeğin KMO değeri 0,567 Bartlett küresellik testi ise 0,000 düzeyinde anlamlı olarak tespit edilmiştir. Ölçeğin açıklanan varyans oranı ise %59,622 olarak bulunmuştur. Ölçeğe ilişkin Cronbach alfa katsayısı ve KMO değeri ölçeğin güvenilir ve faktörleşmeye uygun olduğunu göstermektedir. Çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımı ölçeği faktörleri ÇDGY1 ve ÇDGY2 olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 1. Katılımcıları tanımlayan bazı özellikleri

Özellikler	Değer	Sayı	Yüzde
Cinsiyet	Kadın	15	12,50
	Erkek	105	87,50
Yaş	18-24	7	5,80
	25-35	73	60,90
	36-44	33	27,50
	45 ve üzeri	7	5,80
Eğitim	Lisans	92	76,70
	Lisansüstü	28	23,30
Medeni durum	Bekâr	45	37,50
	Evli	75	62,50
Görev	Mühendis	46	38,30
	Orman İşletme Şefi	53	44,20
	Ağaçlandırma ve Toprak Muhafaza Şefi	11	9,20
	Kadastro Şefi	3	2,50
	İşletme Müdürü/İşletme Müdür Yardımcısı	7	5,80

3.3. Yeşil örgütsel davranış ölçeğine ait bulgular

3.3.1. Yeşil örgütsel davranış ölçeğine yönelik katılımcı görüşleri

Çizelge 4'te orman mühendislerinin YÖD ölçeğindeki önermelere likert tipi ölçümlere göre yapılan önermelere yönelik değerlendirmeleri yer almaktadır. Çizelgeye göre "İşyerinde küçük bir not almam gerekirse, büyük kâğıt yerine bloknot gibi küçük kâğıtları veya müsvedde kâğıtları tercih ederim" önermesine mühendislerin %25'i katıldığını %70'i ise kesinlikle katıldığını belirtirken, "İşyerinde artan

kâğıtları atmam, bir şekilde kullanırım" önermesine %69,1'i kesinlikle katıldığını ifade etmektedir. Orman mühendislerinin "İşyerinde elektriği tasarruflu kullanmaya dikkat ederim" önermesine %71,7'si, "Çevre dostu işyerlerinde çalışmayı tercih ederim" önermesine %60'ı, "Çalışma arkadaşlarımı çevre dostu ürünlere ve çevreye duyarlı davranışlara yönlendiririm" önermesine %54'ü, "İşyerinde tek kullanımlık ürünler yerine, sürekli kullanılabilir ürünler tercih ederim" önermesine %49,2'si "İşyerinde geri dönüştürülebilir malzemeleri geri dönüşüm kutusuna atarım veya başka bir amaçla kullanmak için ayırırım" önermesine %63,3'ü kesinlikle katıldığını ifade etmişlerdir.

3.3.2. Yeşil örgütsel davranış ölçeğine ait faktör analizi bulguları

Yeşil örgütsel davranış ölçeğine ilişkin AFA sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. YÖD ölçeğine uygulanan faktör analizi neticesinde faktör yükleri 0,572-0,905 arasında değişen 2 faktörlü bir yapı elde edilmiştir. Ölçekte 1,2,3,4,5,6 ve 7. maddeler 1. faktör altında 8,9,10,11 ve 12. maddeler 2. faktör altında toplanmaktadır. 1. faktöre ait Cronbach alfa katsayısı 0,952 2. faktöre ait Cronbach alfa katsayısı 0,884 olarak tespit edilmiştir. Ölçeğin tamamına ait Cronbach alfa katsayısı 0,952 ve KMO değeri 0,929 ve AVO %74,955 olarak bulunmuştur. Ölçeğe ilişkin Cronbach alfa katsayısı ve KMO değeri ölçeğin, güvenilir ve faktörleşmeye uygun olduğunu göstermektedir. Yeşil örgütsel davranış ölçeği faktörleri YÖD1 ve YÖD2 olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 2. Çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımı ölçeği ifadelerine yönelik yüzdesel dağılım

Çevre ve Doğa Korumanın Gerekliliği	1(%)	2(%)	3(%)	4(%)	5(%)
Doğal kaynaklar tüm insanlığın ortak malıdır. Bu nedenle kaynakları kullanan ve kirlüten işletmeler "kirlenen öder düşüncesiyle, zararı karşılamak koşuluyla kullanılabilir.	10,8	12,5	5,8	29,2	41,7
Doğal kaynaklar tüm insanlığın ortak malıdır. Bu nedenle kullanımı da ortak olmalıdır. Bireylere satılamaz ve kiralanamaz.	4,2	14,2	6,7	32,5	42,4
İnsan karışmadığı sürece çevre ve doğa kendi işleyişine bozulmadan devam edebilir.	5,8	13,3	3,3	28,3	49,3
Doğal kaynaklardan ekonomik bir yararın elde edilmesi söz konusu ise, öncelikle kullanılması ön planda olup, korunması ikinci planda olmalıdır.	19,2	10,8	12,5	35,8	21,7
Ülkelerin çevre sorunlarından daha önemli sosyo-ekonomik sorunları olabilir. Bu nedenle sosyo-ekonomik sorunların çözümüne öncelik verilmelidir	7,5	8,3	6,7	30,8	46,7
Sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda kuşaklar arası eşitlik olmalıdır. Gelecek kuşaklara bozulmamış bir çevre bırakılmalıdır.	1,7	4,2	1,7	23,3	69,1

1:Kesinlikle katılmıyorum, 2:Katılmıyorum, 3: Ne katılmıyorum ne katılıyorum, 4:Katılıyorum, 5:Kesinlikle katılıyorum

Çizelge 3. Çevre ve doğa koruma gerekliliği yaklaşımı ölçeği döndürülmüş faktör analizi bulguları

İfadeler	Madde Yükleri	
	ÇDGY1 ¹	ÇDGY2 ²
Çevre ve Doğa Koruma Gerekliliği Yaklaşımı Ölçeği		
1. Doğal kaynaklar tüm insanlığın ortak malıdır. Bu nedenle kaynakları kullanan ve kirlüten işletmeler "kirlenen öder düşüncesiyle, zararı karşılamak koşuluyla kullanılabilir.	0,637	
4 Doğal kaynaklardan ekonomik bir yararın elde edilmesi söz konusu ise, öncelikle kullanılması ön planda olup, korunması ikinci planda olmalıdır.	0,855	α: 0,664 Özdeğer;1,866
5. Ülkelerin çevre sorunlarından daha önemli sosyo-ekonomik sorunları olabilir. Bu nedenle sosyo-ekonomik sorunların çözümüne öncelik verilmelidir	0,815	
2. Doğal kaynaklar tüm insanlığın ortak malıdır. Bu nedenle kullanımı da ortak olmalıdır. Bireylere satılamaz ve kiralanamaz.		0,755
3. İnsan karışmadığı sürece çevre ve doğa kendi işleyişine bozulmadan devam edebilir.		0,705
6. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda kuşaklar arası eşitlik olmalıdır. Gelecek kuşaklara bozulmamış bir çevre bırakılmalıdır.		0,807

KMO³; 0,567 α: 0,539 AVO⁴; %59,622

¹ Çevre ve Doğa Koruma Gerekliliği Yaklaşımı1

² Çevre ve Doğa Koruma Gerekliliği Yaklaşımı2

³ Kaiser-Meyer-Olkin

⁴ Açıklanan Varyans Oranı

Çizelge 4. Yeşil örgütsel davranış ölçeği ifadelerine yönelik yüzdesel dağılım

Yeşil Örgütsel Davranış Ölçeği	1(%)	2(%)	3(%)	4(%)	5(%)
İşyerinde küçük bir not almam gerekirse, büyük kâğıt yerine bloknot gibi küçük kâğıtları veya müsvedde kâğıtları tercih ederim.	0,8	1,7	2,5	25,0	70,0
İşyerinde gereksiz yanan ampul gördüğümde hemen söndürürüm.	1,7	0,8	1,7	19,2	76,6
İşyerinde geri dönüştürülebilir malzemeleri geri dönüşüm kutusuna atarım veya başka bir amaçla kullanmak için ayırırım.	1,7	1,7	5,0	28,3	63,3
İşyerinde artan kâğıtları atmam, bir şekilde kullanırım.	1,7	3,3	1,7	24,2	69,1
İşyerinde elektriği tasarruflu kullanmaya dikkat ederim.	1,7	1,7	1,7	23,3	71,7
İşyerinde suyu tasarruflu kullanmaya dikkat ederim.	1,7	1,7	2,5	27,5	66,7
Çevre dostu işyerlerinde çalışmayı tercih ederim.	2,5	0,8	4,2	32,5	60,0
İşyerinde çevre dostu faaliyetlere katılırım.	0,8	5,0	2,5	31,7	60,0
Çalışma arkadaşlarımı çevre dostu ürünlere ve çevreye duyarlı davranışlara yönlendiririm.	0,8	2,5	6,7	35,8	54,2
İşyerinde kullanılan tüketim ürünlerinde son kullanma tarihine dikkat ederim.	0,8	0,8	2,5	35,8	60,0
Ofis malzemelerinin seçiminde çevre dostu ürünleri tercih ederim.	0,8	0,8	13,3	40,8	44,2
İşyerinde tek kullanımlık ürünler yerine, sürekli kullanılabilir ürünler tercih ederim.	2,5	1,7	5,8	40,8	49,2

1:Kesinlikle katılmıyorum, 2:Katılmıyorum, 3: Ne katılmıyorum ne katılmıyorum, 4:Katılıyorum, 5:Kesinlikle katılıyorum

Çizelge 5. Yeşil örgütsel davranış ölçeği döndürülmüş faktör analizi bulguları

İfadeler	Madde Yükleri	
	YÖD1 ⁵	YÖD2 ⁶
Yeşil Örgütsel Davranış Ölçeği		
1. İşyerinde küçük bir not almam gerekirse, büyük kâğıt yerine bloknot gibi küçük kâğıtları veya müsvedde kâğıtları tercih ederim.	0,701	
2. İşyerinde gereksiz yanan ampul gördüğümde hemen söndürürüm	0,903	
3. İşyerinde geri dönüştürülebilir malzemeleri geri dönüşüm kutusuna atarım veya başka bir amaçla kullanmak için ayırırım.	0,765	
4. İşyerinde artan kâğıtları atmam, bir şekilde kullanırım.	0,792	
5. İşyerinde elektriği tasarruflu kullanmaya dikkat ederim.	0,874	
6. İşyerinde suyu tasarruflu kullanmaya dikkat ederim.	0,842	
7. Çevre dostu işyerlerinde çalışmayı tercih ederim.	0,715	
8. İşyerinde çevre dostu faaliyetlere katılırım.		0,774
9. Çalışma arkadaşlarımı çevre dostu ürünlere ve çevreye duyarlı davranışlara yönlendiririm.		0,797
10. İşyerinde kullanılan tüketim ürünlerinde son kullanma tarihine dikkat ederim.		0,644
11. Ofis malzemelerinin seçiminde çevre dostu ürünleri tercih ederim.		0,843
12. İşyerinde tek kullanımlık ürünler yerine, sürekli kullanılabilir ürünler tercih ederim.		0,686

α : 0,952
Özdeğer; 1,050

α : 0,884
Özdeğer; 7,944

KMO: 0,929 α : 0,952 AVO;% 74,955

3.4. Hipotez testlerine yönelik bulgular

Çizelge 6 ve Çizelge 7'de değişkenlerin cinsiyete ve medeni duruma göre farklılık olup olmadığını test etmek için yapılan Mann-Whitney U testi bulguları yer almaktadır. Buna göre, ÇDKG ve YÖD değişkenleri hem cinsiyete göre hem de medeni duruma göre anlamlı farklılık göstermemektedir. Yani katılımcıların kadın ve erkek ya da bekâr ve evli olma durumuna göre çevre ve doğa konusundaki yaklaşımları ve yeşil örgütsel davranışları durumları arasında farklılık gözlenmemektedir.

Çizelge 8'de değişkenlerin katılımcıların yaş gruplarına göre farklılık durumlarına ilişkin Kruskal Wallis-H testi bulguları yer almaktadır. Çizelge 8'de görüldüğü üzere ÇDGY ve YÖD değişkenleri yaş gruplarına göre anlamlı farklılık göstermemektedir.

Çizelge 6. Değişkenler ile cinsiyet arasındaki farklılığa ilişkin Mann-Whitney U Testi

	Cinsiyet	N	Ort.	U	Z	p
ÇDKG	Erkek	105	62,76			
	Kadın	15	44,67	550,00	-1,891	0,059
	Toplam	120				
YÖD	Erkek	105	58,71			
	Kadın	15	73,03	599,500	-1,520	0,129
	Toplam	120				

P<0,05 ÇDGY; Çevre ve Doğa Koruma Gerekliliği Yaklaşımı YÖD; Yeşil Örgütsel Davranış

Çizelge 7. Değişkenler ile medeni durum arasındaki farklılığa ilişkin Mann-Whitney U Testi

	Medeni durum	N	Ort.	U	Z	p
ÇDKG	Bekâr	45	55,89			
	Evli	75	63,27	1480,00	-1,128	0,259
	Toplam	120				
YÖD	Bekâr	45	62,42			
	Evli	75	59,35	1601,00	-0,478	0,633
	Toplam	120				

P<0,05 ÇDGY; Çevre ve Doğa Koruma Gerekliliği Yaklaşımı YÖD; Yeşil Örgütsel Davranış

⁵ Yeşil Örgütsel Davranış1

⁶ Yeşil Örgütsel Davranış2

Çizelge 9'da değişkenlerin katılımcıların eğitim durumlarına göre farklılık durumlarına ilişkin Mann-Whitney U testi bulguları verilmiştir. Katılımcıların eğitim durumlarına göre ÇDGY istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermezken ($p;0,886$), YÖD'leri eğitim durumlarına göre anlamlı farklılık göstermektedir ($p;0,044$). Eğitim düzeyi lisans olan katılımcıların YÖD sıra ortalamaları 57,03 lisansüstü eğitim düzeyine sahip katılımcıların YÖD sıra ortalamaları ise 71,89 olarak tespit edilmiştir. Bulgular incelendiğinde YÖD açısından lisansüstü eğitim düzeyine sahip katılımcıların lehine bir durum olduğu görülmektedir.

Çizelge 10'da değişkenlerin katılımcıların üstlendikleri görevlere göre farklılık durumlarına ilişkin Kruskal Wallis-H testi bulguları verilmiştir. Katılımcıların kurumda üstlendikleri göreve göre ÇDGY ve YÖD arasında anlamlı farklılığa ilişkin yapılan analiz sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır.

Çizelge 8. Değişkenler ile yaş grupları arasındaki farklılığa ilişkin Kruskal-Wallis H Testi

	Yaş	N	Ort.	H	sd ⁷	p
ÇDKG	18-24	7	55,21	2,746	3	0,432
	25-35	73	56,97			
	36-44	33	68,26			
	45 ve üzeri	7	66,00			
	Toplam	120				
YÖD	18-24	7	64,50	0,402	3	0,940
	25-35	73	60,90			
	36-44	33	60,24			
	45 ve üzeri	7	53,50			
	Toplam	120				

$P<0,05$ ÇDGY; Çevre ve Doğa Koruma Gerekliği Yaklaşımı YÖD; Yeşil Örgütsel Davranış

Çizelge 9. Değişkenler ile eğitim durumu arasındaki farklılığa ilişkin Mann-Whitney U Testi

	Eğitim durumu	N	Ort.	U	Z	p
ÇDKG	Lisans	92	60,75	1265,00	-0,143	0,886
	Lisansüstü	28	59,68			
	Toplam	120				
YÖD	Lisans	92	57,03	969,00	-2,016	0,044
	Lisansüstü	28	71,89			
	Toplam	120				

$P<0,05$ ÇDGY; Çevre ve Doğa Koruma Gerekliği Yaklaşımı YÖD; Yeşil Örgütsel Davranış L: Lisans LÜ: Lisansüstü

Çizelge 10. Değişkenler ile görev arasındaki farklılığa ilişkin Kruskal Wallis-H Testi

	Görev	N	Ort.	H	sd	p
ÇDKG	Mühendis	46	56,27	2,694	4	0,069
	Orman İşletme Şefi	53	62,68			
	ATM Şefi	11	74,23			
	Kadastro Şefi	3	13,50			
	İşletme Mdr./Yrd.	7	70,36			
YÖD	Mühendis	46	66,23	5,175	4	0,270*
	Orman İşletme Şefi	53	61,21			
	ATM Şefi	11	44,77			
	Kadastro Şefi	3	42,00			
	İşletme Mdr./Yrd.	7	50,14			
	Toplam	120				

* $P<0,05$ ÇDGY; Çevre ve Doğa Koruma Gerekliği Yaklaşımı YÖD; Yeşil Örgütsel Davranış

Çizelge 11 incelendiğinde ÇDGY ile YÖD ($r: 0,181$ $p<0,05$) arasında pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. ÇDGY ile YÖD arasındaki r katsayısına (+1 ile -1 arasında değer alır) bakıldığında pozitif yönlü, anlamlı ve zayıf bir ilişkinin olduğu söylenebilir. Yani ankete katılım sağlayan orman mühendislerinin ÇDGY arttıkça YÖD'leri artmaktadır.

4. Tartışma ve sonuç

Yaşanabilir, temiz ve kaliteli bir çevre insanlar için her zamankinden daha fazla önemli hale gelmeye başlamıştır. Türkiye'de ve dünyada meydana gelen iklim değişikliği ve sonuçları çevrenin korunmasını zorunlu kılmıştır. Bu durum çevre farkındalığının gelişmesine katkı sağlayarak yeşil kavramının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Doğa dostu anlamına gelen yeşil kavramı özellikle çevrenin doğru ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesini gerekli kılmıştır. Doğanın önemli parçası olan ormanlar ise yeşil kavramının önemli bir unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde yeşil örgütsel davranış ile örgütsel adalet, iş doyum, iş performansı, sürdürülebilir tüketici davranışları ve toplam kalite yönetimi uygulamaları arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalar (Akbaba, 2019; Bulut, 2022; Mert ve Arıkan Saltık, 2023; Salepçioğlu ve Kırcı, 2023; Tuna ve Yıldız, 2023) bulunmaktadır.

Araştırmada katılımcıların ÇDGY ölçeğine yönelik görüşleri incelendiğinde orman mühendislerinin büyük çoğunluğunun çevrenin ortak miras olduğunu ve sürdürülebilir kullanım ilkesi gözetilerek gelecek nesillere aktarılması gerektiğini belirttiği görülmektedir. Literatürde benzer şekilde üniversite öğrencilerinin çevresel farkındalıklarını belirlemeye yönelik yapılan araştırma bulgularında katılımcıların çevresel konulara karşı duysuz olmadıklarını (Özbebek Tunç vd., 2012), katılımcıların yeşil örgüt iklim algısı ile yeşil örgütsel davranış düzeylerinin yüksek olduğunu (Özalp ve Erbaşı, 2021), otel işletmelerinin yeşil örgüt ikliminin yeşil satın alma davranışı üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu (Mert ve Arıkan Saltık, 2023) ifade eden araştırmalar bulunmaktadır. Ayrıca, Yılmaz (2009) tarafından yapılan araştırmada Edirne'de yaşayan insanların çevre bilinci irdelemiş ve katılımcıların %87'si çevrenin sürdürülebilir bir şekilde korunarak gelecek kuşaklara aktarılması gerektiğini ifade etmiştir. ÇDGY ve YÖD ölçeği orman mühendisleri görüşleri literatürdeki araştırma bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 11. ÇDGY ve YÖD Spearman korelasyon analizi

		CDKG	YÖD	Ort	Sd
ÇDGY	Korelasyon katsayısı	1,000	0,181*		
	Anlamlılık (Çift Yönlü)		0,048	3,93	0,68
Spearman's rho	N	120	120		
	Korelasyon katsayısı	0,181*	1,000		
YÖD	Anlamlılık (Çift Yönlü)	0,048		4,49	0,63
	N	120	120		

*. 0,05 önem düzeyinde anlamlı ilişki (2-yönlü). ÇDGY; Çevre ve Doğa Koruma Gerekliği Yaklaşımı YÖD; Yeşil Örgütsel Davranış

⁷ Serbestlik Derecesi

Araştırmada bir diğer bulguda, orman mühendislerinin çevre ve doğa koruma yaklaşımlarının yeşil örgütsel davranış üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkisinin olduğu ve “*H₆: ÇDGY ve YÖD arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde bir ilişki vardır*” hipotezinin desteklendiği görülmektedir. Literatürde, yeşil davranışların sergilenmesinde çevresel tutkunun etkili bir unsur olduğu ve çevresel yaklaşımlarının yeşil örgütsel davranış üzerinde anlamlı ve pozitif etkiye sahip olduğunu (Afsar vd., 2016; Saifulina ve Carballo-Penela, 2017; Akandere, 2019; Ng vd., 2019; Saleem vd., 2021), çevre tutkusunun ve yeşil örgüt ikliminin çalışan davranışları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu (Coşkun, 2022) ve sürdürülebilir tüketim davranışları ile yeşil örgütsel davranış arasında anlamlı bir ilişki olduğunu (Bulut, 2022) ifade eden benzer bulgulara sahip araştırmalar bulunmaktadır.

Araştırmada çevre ve doğa koruma yaklaşımı ile yeşil örgütsel davranışların demografik özelliklere göre farklılık durumları incelenmiş ve orman mühendislerinin yeşil örgütsel davranışlarının eğitim durumlarına göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği saptanmıştır. Bu durumda “*H₅: ÇDGY ve YÖD eğitim durumuna göre anlamlı farklılık göstermektedir*” hipotezinin desteklendiği ve *H₁, H₂, H₃ ve H₄* hipotezlerinin reddedildiği görülmektedir. Eğitim durumlarındaki bu farklılık lisansüstü eğitime sahip orman mühendislerinin yeşil örgütsel davranış eğilimi göstermeye daha yatkın olmasından kaynaklanmaktadır. Literatürde kişilik özelliklerinin yeşil örgütsel davranış üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu (Erbaşı vd., 2022), orman mühendislerinin çevresel tutumlarının eğitim durumlarına göre farklılık gösterdiğini (Topaloğlu ve Alkan, 2023a) ifade eden benzer bulgulara ulaşılan araştırmalar bulunmaktadır.

Daha önce de değinildiği üzere duyarlılık, tutum ve yeşil satın alma kavramları yeşil örgütsel davranışı oluşturan unsurlar arasında yer almaktadır. Nitekim yapılan araştırmalarda çevresel kaygının ormancılıkta sertifikalandırma bilgisini pozitif yönde etkilediği (Topaloğlu ve Alkan, 2023b) aynı zamanda bir diğer araştırmada çevresel kaygının yeşil ürünlere karşı tutumu ve yeşil satın alma niyetini de pozitif yönde etkilediği (Topaloğlu ve Alkan, 2023c) saptanmıştır. Bunun yanı sıra orman mühendisleri üzerine yapılan diğer bir araştırmada ormancılıkta sertifikasyon bilgisinin yeşil satın alma davranışını olumlu yönde etkilediği ve yeşil satın alma niyeti ile yeşil satın alma davranışı arasındaki ilişkide ormancılıkta sertifikasyon bilgisinin ayırt edici bir unsur olduğu saptanmıştır (Topaloğlu ve Alkan, 2023d). Ormancılıkta sertifikasyon çalışmaları hakkında bilgi ve yaklaşımın yeşil davranışlar üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Bu nedenle ormancılık kurumlarının çevre ve doğa konusundaki yaklaşım ve uygulamaları ile kazandıkları yeşil davranışlar çevrenin korunması ve yaşanılabilir kaliteli çevrenin oluşmasında oldukça önemlidir.

Çevrenin ve çevreci anlayışın hâkimiyet kazanmaya başladığı günümüzde sadece sosyal ortamda değil çalışma ortamlarında da insanlar yeşil davranışlar sergilemeye başlamaktadır. Bu araştırmanın ekosistem yönetiminde etkili ve söz sahibi olan orman mühendisleri özelinde gerçekleştirilmiş olması çalışmanın ayrı bir değerini ortaya koymaktadır. Araştırma bulgularında da görüldüğü üzere özellikle orman mühendislerinin çevre koruma, sertifikalandırma vb. konularda lisansüstü eğitimlerinin

desteklenmesi ve teşvik edilmesi çevreye karşı olan yaklaşımlarında olumlu yönde katkı sağlamaktadır. Ayrıca kurumsal olarak çevre-doğa yönetimi ve önemi ile ilgili seminer ve eğitimlerin düzenlenmesi, orman mühendislerinin farkındalık düzeylerinin artmasına ve yeşil örgütsel davranış kazanımlarına olumlu yönde katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çevre-doğa eğitim ve seminerlerinde yeşili sev, doğayı koru gibi klasikleşmiş söylemlerin öğretilmesinden ziyade çevre bilincinin geliştirilmesi ve farkındalığın artırılması amaçlanmalıdır (Çelikkıran, 1995). Bu amaçla çevre ve doğa korumaya yönelik bilinç ve farkındalık oluşturulurken atık sorunu, ormanlardan elde edilen kâğıt hammaddesinin önemi, çölleşme ve toprak erozyonu ile mücadele, içilebilir ve kaliteli suyun sürdürülebilir bir şekilde sağlanması, iklim değişikliği ve çevre kirliliğinin önlenmesi noktasında ormanlık ve sulak alanların korunması hususuna dikkat edilmesi faydalı olacaktır (Kızıroğlu, 2023). Korkmaz ve Adıgüzel (2021) tarafından yapılan araştırmada orman mühendislerinin, orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumu konusunda teknik bilgi eksikliğinin önemli bir kısıtlarının olduğu ifade edilmiştir. Benzer şekilde çevre ve doğa korumaya yönelik, öncelikle bilgi düzeyi daha sonra bilinç ve farkındalıklarının artırılmasına yönelik programların yapılması oldukça önemlidir. Bu eğitim programlarının, orman mühendislerinin, çevre farkındalığı yüksek ve çevreye karşı olumlu davranış sergilemesi ve davranışlarının da bu doğrultuda şekillenmesinde etkili olacaktır.

Kaynaklar

- Afsar, B., Badir, Y., Kiani, U. S., 2016. Linking spiritual leadership and employee proenvironmental behavior: the influence of workplace spirituality, intrinsic motivation, and environmental passion. *Journal of Environmental Psychology*, 45: 79-88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.11.01>
- Akandere, G., 2019. Çalışanların çevre tutkusunun yeşil davranışları üzerindeki etkisi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(4): 387-404.
- Akbaba, M., 2019. Örgütsel adalet iş görenlerin yeşil örgütsel davranışını etkiler mi? *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(2): 641-660.
- Akyol, A., Tolunay, A., 2014. Sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerinin Türkiye için modellenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1): 21-32.
- Aslan, Y., Zengin, O., Polat, F.S., 2023. Sağlık çalışanlarının yeşil örgütsel davranış konusundaki farkındalık düzeylerinin değerlendirilmesi. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 13(3): 1388-1402.
- Boiral, O., Paillé, P., Raineri, N., 2015. *The Nature Of Employees' Proenvironmental Behaviors. The Psychology Of Green Organizations* (Ed: Robertson, J.L., Barling, J.), Oxford University Press, NewYork, pp.12-32.
- Bowonder, B., 1986. Environmental management problems in India. *Environmental Management*, 10(5): 599-609.
- Boz, D., Duran, C., Başköy, S., 2020. Yeşil pazarlama faaliyetlerinin tüketiciler üzerindeki etkileri. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 15(22): 1346-1372.
- Bulut, M., 2022. Öğretmenlerin yeşil örgütsel davranışlarının sürdürülebilir tüketim davranışı üzerine etkisi. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 5(1): 27-49
- Büyükoztürk, Ş., 2002. Faktör Analizi: Temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 32: 470-483.
- Büyükoztürk, Ş., 2012. *Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı*. Pegem Akademi Yayınları, Ankara

- Chapman D., Sharma K., 2001. Environmental attitudes and behavior of primary and secondary students in Asian cities: An overview strategy for implementing an ecoschools programme. *The Environmentalist*, 21: 265-272.
- Coşkun, Ö.F., 2022. Çevre tutkusunun, yeşil dönüştürücü liderliğin ve yeşil örgüt ikliminin çevreci çalışan davranışları üzerine etkisi. *Journal of Politics, Economy and Management*, 5(1): 1-16.
- Çabuk, B., Karacaoğlu, Ö. C., 2003. Üniversite öğrencilerinin çevre duyarlılıklarının incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 36(1-2): 190-200
- Çelikkıran, A., 1995. İnsan, çevre, eğitim. Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi, 4(4): 569-572.
- Çokluk, Ö., Şekerçioğlu, G., Büyükköztürk, Ş., 2012. Sosyal Bilimler İçin Çok Değişkenli İstatistik: SPSS ve Lisrel Uygulamaları. Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara.
- Demirbaş, M., Aydın, D., 2020. 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Science*, 15(4): 163-179.
- Efek, E., Sivrikaya, Ö., Sadık, R., 2018. Spor bilimleri alanında okuyan üniversite öğrencilerinin ahlaki gelişim düzeyleri ile spor tutumları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 5(29): 3895-3903.
- Efek, E., Yiğiter, K., 2021. Spor katılımının atılganlık ve spormenlik düzeyleri ile ilişkisi. *OPUS*, 18(43): 6732-6763.
- Erbaşı A., 2018. Yeşil örgütsel davranış: Özgün bir ölçek geliştirme, 6. Örgütsel Davranış Kongresi Bildiriler Kitabı, 2-3 Kasım, Isparta, 581-590.
- Erbaşı, A., 2019. Green Organizational Behavior Scale: A Study in Scale Development. *Istanbul Management Journal*, 86: 1-23, <https://doi.org/10.26650/imj.2019.86.0001>
- Erbaşı, A., Çalışkan, A., Akdeniz, G., 2022. Kişilik özelliklerinin yeşil örgütsel davranış üzerindeki etkisi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(2): 154-185.
- Ergin, G., Çatı, K., Oskaloğlu, E., 2023. Sorumluluk bilinci ve faydacı tüketimin demografik faktörler bağlamında irdelenmesi. *Ege 9. Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi*, 22-24 Eylül, İzmir, s.268-285.
- Eroğlu, A., 2008. Faktör analizi. spss uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri, Asil Yayın Dağıtım, Ankara, s: 321-331.
- Field, A., 2000. *Discovering statistics using SPSS for Windows*. Sage Publications. New Delhi.
- Harrington, D., 2009. *Confirmatory Factor Analysis*. Oxford University Press, New York, pp. 21-35.
- Kalaycı, Ş., 2008. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Asil Yayınları, Ankara.
- Kardaş, F., Cebe, M., 2018. Doğa koruma ve çevre eğitimi açısından sulak alanların işlevleri. *Menba Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 4(1): 29-35.
- Keklik, B.A., 2023. E-Ticaret müşterilerinin lojistik hizmet kalitesi algılarının markadan kaçınma davranışına etkisi: İstanbul ili örneği, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya
- Kılınç, M., 2019. Çevreye duyarlı teknolojik ürün algısı ve reklamlarda çevresel özelliklerin vurgulanmasının satın alma niyetine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, İşletme Enstitüsü, Sakarya.
- Kızıroğlu, İ., 2023. Çevre eğitimi ve çevre bilinci. *Türkiye Tabiatını Koruma Derneği Tabiat ve İnsan Dergisi*, 2(193): 5-17.
- Korkmaz, M., Adıgüzel, O.A., 2021. Türkiye'de orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumuna ilişkin değerlendirmeler. *Turkish Journal of Forestry*, 22(4): 417-425. DOI: 10.18182/tjf.101955
- Mert, N., Arıkan Saltık, I., 2023. Otel işletmelerinde yeşil örgüt iklimi ve yeşil davranışın iş tatminine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10(2): 592-614.
- Min, H., Galle, W. P., 2001. Green purchasing practices of US firms. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(9): 1222-1238.
- Neale, M.N., Liebert, R.M., 1980. *Science and Behavior: An Introduction to Methods of Research*. Prentice-Hall International, Inc. London.
- Ng, L. P., Choong, Y. O., Tee, C. W., Kuar, L. S., Teoh, S. Y., Chen, I. C., 2019. Green work climate and pro-environmental behaviour among academics: The mediating role of harmonious environmental passion. *International Journal of Management Studies*, 26(2): 77-97
- Nunnally, J.C., Bernstein, I.H., 1994. *Psychometric Theory*, McGraw Hill, New York.
- Topaloğlu, G., Alkan, H., 2023a. Orman teşkilatında çalışan orman mühendislerinin yeşil ürünlere yönelik algı ve tutumlarını etkileyen faktörler. *Turkish Journal of Forestry*, 24(2): 85-98.
- Topaloğlu, G., Alkan, H., 2023b. Çevresel kaygının yeşil satın alma davranışı ve sertifikasyon üzerine etkileri: Aydın İli Örneği, *Doğa ve Mühendislik Bilimlerinde Güncel Tartışmalar* 10, Bidge Yayınları, ss:24-47
- Topaloğlu, G., Alkan, H., 2023c. Çevresel kaygı ile yeşil ürünlere karşı tutum arasındaki ilişkide yeşil satın alma niyetinin aracılık rolü. *Marka Yolculuğu: Dijital Dönüşüm ve Sürdürülebilirlik* 1, Bidge Yayınları, ss:101-133
- Topaloğlu, G., Alkan, H., 2023d. Ormancılıkta yeşil satın alma niyeti ile yeşil satın alma davranışı arasındaki ilişkide sertifikasyonun aracılık rolü. *Turkish Journal of Forestry*, 24(3): 287-298. DOI: 10.18182/tjf.1322689
- Tozluoğlu, E., Dursun, M., Şebin, K., 2020. Hemşirelerin empati düzeylerinin sportif aktivite yapma ve farklı değişkenler açısından incelenmesi. *Sport Science (NWSASPS)*, 15(3): 23-32, DOI: 10.12739/NWSA.2020.15.3.2B0124.
- Tuna, Ö., Yıldız, M., 2023. Çalışanın yeşil davranışı ve iş performansında yeşil dönüştürücü liderliğin rolü. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, C-iasoS 2022 Özel Sayısı: 61-80. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.1219730>
- OGM, 2023. Orman Genel Müdürlüğü 2022 yılı faaliyet raporu. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/FaaliyetRaporu/Orman%20Genel%20M%20C3%BCd%C3%BCr%C3%BC%202022%20Y%20C4%B1%20Faaliyet%20Raporu.pdf> (Son Erişim Tarihi: 25.12.2023)
- Özalp, Ö., 2019. Otel çalışanlarının yeşil örgüt iklimi algılarının yeşil örgütsel davranışları üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Turizm İşletmeciliği Ana Bilim Dalı.
- Özalp, Ö., Erbaşı, A., 2021. Yeşil örgüt iklim algısının yeşil örgütsel davranış üzerine etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 22(1): 43-73
- Özbebek Tunç, A., Akdemir Ömür, G., Düren, A.Z., 2012. Çevresel farkındalık. *İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 47: 227-246.
- Özdamar, K., 2002. Paket programlar ile istatistiksel veri analizi, Kaan Kitabevi, Eskişehir, s: 661-667.
- Özdamar, K., 2013. *Modern Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Nisan Kitabevi Yayınları, Eskişehir.
- Saifulina, N., Carballo-Penela, A., 2017. Promoting sustainable development at an organizational level: An analysis of the drivers of workplace environmentally friendly behaviour of employees. *Sustainable Development*, 25(4): 299-310. <https://doi.org/10.1002/sd.165>
- Saleem, M., Qadeer, F., Mahmood, F., Han, H., Giorgi, G., Ariza-Montes, A., 2021. Inculcation of green behavior in employees: A multilevel moderated mediation approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18: 1-21. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010331>
- Salepcioglu, M.A., Kırca, P., 2023. Toplam kalite yönetimi uygulamalarının gıda sektörü çalışanlarının yeşil örgütsel davranışları üzerine etkisi. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 27(1): 117-132.
- Sarkis, J., 2001. Manufacturing's role in corporate environmental sustainability - Concerns for the new millennium. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(5/6): 666-686. <https://doi.org/10.1108/01443570110390390>

- Sönmez, R. V., 2020. Okul Yöneticilerinin Yeşil Örgütsel Davranışlarını Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma. Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 8(4): 1107–1119.
- Şimşekli, Y., 2004. Çevre bilincinin geliştirilmesine yönelik çevre eğitimi etkinliklerine ilköğretim okullarının duyarlılığı. Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 17(1): 83–92.
- Weerarathna, R. S., Jayarathna D. Y., Pintoe, A., 2017. Employee green behavior: A case in manufacturing & service sector in Sri Lanka. International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 7(12): 1095-1106.
- Yaşar, E., 2023. Yeşil psikolojik iklim ve yeşil örgütsel davranış ilişkisi: otel işletmeleri örneği. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 33(2): 831-844.
- Yılmaz, R., 2009. Edine’de çevre bilincinin belirlenmesi ve sosyo ekonomik özelliklerin çevresel bilinç üzerine etkilerinin incelenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6(1): 79-92.
- Yiğit, B., 2022. Yeşil örgütsel davranış: Tekstil sektöründe bir örnek. JOEEP, 7(2): 186-192.

Kastamonu yöresi karaçam meşcerelerinde şekil katsayılarının çeşitli tek ağaç ve meşcere özelliklerine göre değişimi

Elif Şeyda Kesik^a, Oytun Emre Sakıcı^{a,*}

Özet: Bu çalışmada, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisindeki eşit yaşlı, saf ve doğal karaçam meşcerelerindeki (*Pinus nigra* J.F.Arnold) ağaçlara ilişkin şekil katsayılarının incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma materyali olarak farklı bonitet sınıfı, kapalılık, gelişim çağı, ekorejyon, sıklık ve yaştaki meşcerelerden alınan 120 örnek alandan ve her bir örnek alanda meşcere orta çapına yakın çapa sahip en az 1 örnek ağaç olmak üzere toplam 145 örnek ağaçtan elde edilen veriler kullanılmıştır. Örnek ağaçlar üzerinde yapılan ölçümlerden yararlanılarak göğüs boyu şekil katsayısı ($f_{1.3}$), mutlak şekil katsayısı (f_0), doğal şekil katsayısı ($f_{0.1}$) ve yapay şekil katsayısı ($f_{0.5}$) hesaplanmış ve bunlara ilişkin ortalama değerler sırasıyla 0,489, 0,317, 0,504 ve 0,481 olarak belirlenmiştir. Şekil katsayılarının çeşitli tek ağaç, meşcere ve yetiştirme ortamı özellikleri ile olan ilişkileri istatistiksel analizlerle irdelenmiştir. Sonuçlar, Kastamonu yöresinde yetişen karaçamlara ilişkin şekil katsayılarının gerek tek ağaç özelliklerine ve gerekse meşcere ve yetiştirme ortamı özelliklerine göre değişim gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu sonuçlara göre; göğüs boyu şekil katsayısının tüm tek ağaç özellikleri ve meşcere sıklığı dışındaki meşcere özellikleri ile korelasyon gösterdiği ve bonitet sınıfları ile gelişim çağları bakımından farklara sahip olduğu, mutlak şekil katsayısının tepe uzunluğu ve ağaç yaşı ile korelasyon gösterdiği ve bonitet sınıfları ile ekorejyonlar bakımından farklara sahip olduğu, doğal şekil katsayısının tepe uzunluğu dışındaki tüm tek ağaç özellikleri ve tüm meşcere özellikleri ile korelasyon gösterdiği ve gelişim çağları bakımından farklara sahip olduğu ve yapay şekil katsayısının da yalnızca meşcere yaşı ile korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, şekil katsayılarının hacim hesaplamalarındaki başarıları da değerlendirilmeye çalışılmış ve en başarılı tahminlerin mutlak şekil katsayısıyla yapılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Gövde formu, Şekil katsayısı, Ağaç hacmi, *Pinus nigra*

Variation of form factors in black pine stands of Kastamonu region according to various single tree and stand characteristics

Abstract: The aim of this study was to examine the form factors of black pine (*Pinus nigra* J.F.Arnold) trees in even-aged, pure and natural stands of Kastamonu region. Data obtained from 120 sample plots taken from different site classes, canopy, development stage, ecoregion, density and age, and a total of 145 sample trees, including at least 1 sample tree with the diameter closest to the mean diameter in each sample plot, were used, and the breast height form factor ($f_{1.3}$), absolute form factor (f_0), natural form factor ($f_{0.1}$) and artificial form factor ($f_{0.5}$) were calculated with averages of 0.489, 0.317, 0.504 and 0.481, respectively. The relationships of form factors with various tree and stand characteristics were determined by statistical analysis. The results revealed that the form factors vary according to both tree and stand characteristics. The breast height form factor is correlated with all tree and stand characteristics except stand density and has differences in terms of site classes and development stages. The absolute form factor correlates with crown length and tree age and has differences in terms of site classes and ecoregions. The natural form factor correlates with all tree and stand characteristics except crown length and has differences in terms of development stages. The artificial form factor is only correlated with stand age. The success of form factors in volume calculations was also evaluated, and it has been determined that the most successful volume estimations can be achieved with the absolute form factor.

Keywords: Stem form, Form factor, Tree volume, *Pinus nigra*

1. Giriş

Bir ağacın hacmi (v) teorik olarak o ağacın çapının, boyunun ve gövde şeklinin bir fonksiyonudur ve çap değerinden elde edilen göğüs yüzeyinin (g), ağaç boyunun (h) ve şekil katsayısının (f) birbirleri ile çarpılmasıyla elde edilen $v=g.h.f$ denklemi yardımıyla hesaplanabilir (Kalıpsız, 1984; Eler, 2003; Carus ve Çatal, 2012; Baytaş ve Seki, 2023). Bu denklemde anlaşılacağı üzere çap ve boyları eşit olmasına karşın gövde şekilleri farklı olan ağaçların hacimleri de birbirinden farklı olacaktır. Bu nedenle, dikili halde bulunan ağaçların hacimlerinin güvenilir şekilde tahmin

edilebilmesinde gövde şekli büyük öneme sahiptir (Da Silva vd., 1994; Van Laar ve Akça, 2007; West, 2009). Ağaç çaplarının (d) kolay ölçülebilir olması nedeniyle denklemde yer alan göğüs yüzeyini ($g=(\pi/4)d^2$) elde etmek de oldukça kolaydır. Denklemde bir diğer bileşeni olan ağaç boyu da boyölçerler yardımıyla doğru şekilde ölçülebilmektedir. Ancak, şekil katsayısının canlı (dikili) bir ağaç üzerinde doğrudan ölçülmesi oldukça zordur.

Bir ağacın gövde şekli o ağacın türü, yaşı, boyu, gövde profili ve tepe boyutları gibi özelliklerinin yanında, içinde bulunduğu meşcerenin sıklık, bonitet ve silvikültürel müdahale durumu gibi özellikleri ve yetiştirme ortamının

^a Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kastamonu

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): oesakici@kastamonu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 13.02.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 23.02.2024



Citation (Atıf): Kesik, E.Ş., Sakıcı, O.E., 2024. Kastamonu yöresi karaçam meşcerelerinde şekil katsayılarının çeşitli tek ağaç ve meşcere özelliklerine göre değişimi. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 21-31.
DOI: [10.18182/tjf.1436354](https://doi.org/10.18182/tjf.1436354)

klimatik, edafik ve fizyografik özelliklerin de etkisi altında olduğundan şekil katsayısı da bu özelliklere bağlı olarak değişim göstermektedir (Larson, 1963; Kalıpsız, 1984; Muhairwe, 1994). Bu nedenlere bağlı olarak meşceredeki ağaçların her birinin gövde formu birbirinden farklı olabileceğinden, bir ağaca ilişkin gerçek şekil katsayısının belirlenebilmesi için o ağacın öncelikle kesilmesi ve ardından hacminin belirlenmesi gerekmektedir (Kalıpsız, 1984; Carus ve Çatal, 2012). Şekil katsayısı belirlenmek istenen her ağacın kesilerek hacimlendirilmesi ise pratik açıdan zor olduğu gibi ağaç hayatiyetini kaybedeceğinden envanter amaçları ile de örtüşmemektedir. Dolayısıyla, yukarıda açıklanan teorik hacim denkleminin meşcereyi oluşturan ağaçların her birinin kendine özgü şekil katsayıları kullanılarak uygulanması mümkün değildir. Bunun yerine, varsa ilgili ağaç türü için geçerli ortalama şekil katsayısından yararlanılması yoluna gidilmekte, ancak bu durumda da meşceredeki tüm ağaçların gövde formlarının benzer olduğu varsayıldığından hacim hesaplamalarında bazen önemli hatalara neden olunabilmektedir (Kalıpsız, 1984).

Şekil katsayısının ağaç hacminin silindirik hacmine oranlanması ile hesaplandığı düşünülürse, sözü edilen silindirik hacmindeki çap ve boy değerlerinin neler olacağı sorusu ile karşı karşıya kalınmaktadır. Silindirin boyunun ağaç boyu ile aynı olacağı açıktır. Ancak, silindirik hacminin hesaplanmasında farklı çap değerleri dikkate alınabilmekte ve şekil katsayıları da kullanılan çap değerine bağlı olarak farklı isimler almaktadır. Örneğin; mutlak şekil katsayısının (f_0) hesaplanmasında silindirik çapı ağacın taban çapına (d_0) eşit alınırken, göğüs boyu şekil katsayısında ($f_{1.3}$) göğüs yüksekliği çapı ($d_{1.3}$) ve doğal şekil katsayısında ($f_{0.1}$) ağaç boyunun %10'u kadar yükseklikteki gövde çapı ($d_{0.1}$) değerleri dikkate alınmaktadır. Literatürde, söz konusu şekil katsayılarından hangisinin gerçek şekil katsayısı olarak kabul edilebileceği ile ilgili net bir kabul bulunmamakla birlikte genellikle göğüs boyu şekil katsayısı gerçek şekil katsayısı olarak dikkate alınmaktadır (Ahmadi vd., 2008; Fadaei vd., 2008; Gürocak, 2011; Carus ve Çatal, 2012; Sarıkaya, 2012; Adekunle vd., 2013; Petrin ve Bogdanov, 2017; Subedi vd., 2021). Göğüs boyu şekil katsayısını gerçek şekil katsayısı olarak kabul eden bu araştırmaların aksine, gövdenin farklı yüksekliklerine ilişkin çap değerleri kullanılarak elde edilen silindirik hacimlerine göre hesaplanan şekil katsayılarının gerçek şekil katsayısı olarak kabul edildiği çalışmalar da mevcuttur (Socha ve Kulej, 2005; Socha ve Kulej, 2007; Inoue vd., 2011; Suga vd., 2011; Inoue vd., 2012). Son yıllarda da gövde yüzey alanına ve gövde profiline dayalı şekil katsayıları gibi yeni katsayıların geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Inoue, 2006; Inoue, 2012; Inoue vd., 2021).

Ülkemizde şekil katsayıları konusunda yapılan güncel çalışmalar Doğu kayını (Gürocak, 2011; Carus ve Çatal, 2012) ve kızılçam meşcereleri (Sarıkaya, 2012) ile sınırlıdır ve bu çalışmalar arasında karaçamaya yönelik bir araştırmanın bulunmadığı söylenebilir. Karaçam, 2,8 milyon ha normal kapalı ve 1,3 milyon ha boşluklu kapalı olmak üzere toplam 4,1 milyon ha'lık yayılış alanı ile ülkemizin en geniş yayılış alanına sahip ağaç türlerinden biri olup, ülkemiz toplam orman varlığının (23,2 milyon ha) yaklaşık %18'ini oluşturmaktadır ve iğne yapraklı türler arasında da orman varlığı bakımından kızılçamın ardından ikinci sırada yer almaktadır (OGM, 2023). Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'nün toplam orman alanı yaklaşık 876 bin ha olup, %79'u (695 bin ha) normal kapalı ve %21'i (180 bin ha) boşluklu kapalı ormanlardan oluşmaktadır (OGM, 2023).

Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisindeki orman işletme şefliklerinin amenajman planlarından elde edilen verilere göre de normal kapalı ormanların yaklaşık %28'i (197 bin ha) saf karaçam meşcerelerinden oluşmakta ve bu yayılış alanı ile karaçam Kastamonu Bölge Müdürlüğü'nün en geniş yayılış alanına sahip ağaç türü olmaktadır. Karaçamın gerek ülke genelinde gerekse Kastamonu yöresindeki geniş yayılış dikkate alındığında, bu türe özgü şekil katsayılarının araştırılmasına yönelik çalışmaların gerekliliği anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada, karaçam türünün Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren eşit yaşlı, saf ve doğal meşcerelerine ilişkin şekil katsayıları ortaya konulmaya ve değerlendirilmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında, çalışma alanında alınan örnek ağaçlara ilişkin gerçek hacim değerlerinden yararlanılarak mutlak, göğüs boyu, doğal ve yapay şekil katsayıları belirlenmiş ve söz konusu şekil katsayılarının ağaçların çap, boy, yaş, tepe başlangıç yüksekliği ve tepe uzunluğu gibi özellikleri ile olan ilişkileri incelenmiştir. Ayrıca, örnek ağaçları içerecek şekilde alınan örnek alanlarda yapılan ölçüm ve değerlendirmeler sonucu elde edilen bonitet sınıfı, kapalılık sınıfı, gelişim çağı, ekorejyon, meşcere yaşı, meşcere orta çapı, meşcere göğüs yüzeyi, meşcere hacmi ve meşcere sıklığı ile şekil katsayıları arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır. Bunlara ek olarak, çalışma sonucunda elde edilen şekil katsayılarının hacim tahminlerindeki başarı düzeyleri de incelenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yaklaşık 197 500 ha saf karaçam meşceresi bulunmakta olup, karaçam Kastamonu Bölge Müdürlüğü'nün en geniş yayılış alanına sahip ağaç türüdür. Çalışma, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren eşit yaşlı, saf ve doğal karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold) meşcerelerinden alınan örnek alan ve örnek ağaçlardan elde edilen verilerle yürütülmüştür. Bu amaçla; farklı meşcere ve yetişme ortamı özelliklerini yansıtacak şekilde 120 adet örnek alan alınmış ve her bir örnek alanda da meşcere orta çapına en yakın çapa sahip en az 1 örnek ağaç seçilerek toplam 145 örnek ağaç kesilmiştir. Örnek ağaçların kesimi sırasında örnek alanların yer aldığı Orman İşletme Şeflikleri ile iletişime geçilip üretim ve silvikültür programları öğrenilerek arazi çalışmaları bu programlara göre düzenlenmeye çalışılmış ve böylelikle kesilen örnek ağaçların halihazırda işletmenin keseceği ağaçlar arasından seçilmesine özen gösterilmiştir.

Örnek alanlar daire şeklinde tesis edilmiş ve örnek alan büyüklükleri de meşcere kapalılığı dikkate alınarak kapalılığı %11-40 arası olan meşcerelerde 800 m², %41-70 arası olan meşcerelerde 600 m² ve %70'ten yüksek olan meşcerelerde de 400 m² olacak şekilde uygulanmıştır. Örnek alanlarda aşağıda açıklanan ölçüm ve hesaplamalar yapılmıştır:

- Örnek alanların konumsal koordinatları GPS yardımıyla belirlenmiştir.
- Örnek alan içerisinde kalan ve göğüs çapı 8 cm veya daha fazla ($d_{1.30} \geq 8$ cm) olan tüm ağaçların göğüs çapları ($d_{1.30}$, cm) çapölçer yardımıyla 0,1 cm hassasiyetinde ölçülmüştür.

- Meşcere orta çapı, göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (d_g , cm) olarak belirlenmiştir. Örnek alanın bulunduğu meşcerenin gelişim çağı da orta çapa göre kararlaştırılmıştır.
- Örnek alan içerisindeki ağaçların göğüs yüzeyleri (g , m²) toplanıp hektara çevrilerek meşcere göğüs yüzeyi (G , m²/ha) belirlenmiştir.
- Örnek alan içerisindeki ağaçların ölçülen ağaçlara ilişkin boy (h , m) değerleri Seki ve Sakıcı (2022a) tarafından Kastamonu yöresi karaçam meşcereleri için geliştirilmiş olan çap-boy denklemleri yardımıyla belirlenmiştir.
- Örnek alanlardaki ağaçların hacimleri (v , m³), Sakıcı vd. (2018) tarafından Kastamonu yöresi karaçam meşcereleri için geliştirilmiş olan çift girişli ağaç hacim denklemi ($v=0,000037d_{1,30}^2h$) yardımıyla tahmin edilmiş ve elde edilen hacim değerleri toplanıp hektara çevrilerek meşcere hacmi (V , m³/ha) hesaplanmıştır.
- Örnek alanlara ilişkin bonitet endekslerinin belirlenebilmesi amacıyla hektarda 100 ağaç hesabına göre örnek alana düşen sayıda (örneğin, 600 m² büyüklüğündeki örnek alanda 6 adet) en uzun boylu ağaçların boyları ölçülmüş ve bu boyların ortalaması alınarak meşcere üstboyu (h_{100}) hesaplanmıştır. Örnek alanların bulunduğu meşcerelerin bonitet sınıflarının belirlenmesinde Kalıpsız (1963) tarafından geliştirilen karaçam bonitet endeks tablosundan yararlanılmış ve örnek alanlar için hesaplanan bonitet endeksi (BE) değerleri yardımıyla bonitet sınıfları belirlenmiştir.
- Örnek alan içerisinde meşcere yaşını belirlemek amacıyla meşcereyi temsil eden 5-6 ağacın yaşı (t) ölçülmüştür. Yaşlar, artım burgusu yardımıyla ağaçların göğüs yüksekliğinden (1,30 m) ve kabuk ile öz arasındaki tüm yıllık halkaları içerecek şekilde alınan artım kalemleri üzerinde ölçülen yıllık halka sayısına ağacın göğüs yüksekliğine ulaşma yaşı eklenerek hesaplanmıştır. Göğüs yüksekliğine ulaşma yaşı ise örnek alan içerisinde veya yakın çevresinde bulunan 1,30 m boyundaki 4-5 fidanın yaşlarının ortalamasının alınması suretiyle elde edilmiştir. Her bir örnek alanda yaş tayini yapılan ağaçların yaş ortalamaları alınarak meşcere yaşı (T) hesaplanmıştır.
- Örnek alanların bulunduğu meşcerelerin kapalılıkları amenajman planlarından alınmış ve meşcerelerin aktüel durumlarına uygunlukları arazi çalışmaları sırasında kontrol edilmiştir. Örnek alanlar için uygun bulunmayan kapalılık sınıfları uygun değerlerle revize edilmiştir.
- Sıklık ölçütü olarak Curtis vd. (1982) tarafından geliştirilen rölatif sıklık (RD) eşitliğinden ($RD=G/d_g^{0,5}$) yararlanılmış ve her bir örnek alanın sıklık değeri hesaplanmıştır.
- Örnek alanların konumsal koordinatları dikkate alınarak Atalay (2014)'a ait ekolojik bölge sınıflandırmasına göre her bir örnek alanın dahil olduğu ekorejyon belirlenmiştir. Her bir örnek alanda orta çapa en yakın 1 ya da 2 örnek ağaç dip kütük yüksekliğinden (0,30 m) kesilerek örnek ağaçlar üzerinde aşağıda açıklanan ölçüm ve hesaplamalar yapılmıştır:
 - Örnek ağaçların boyları (h , m) şerit metre yardımıyla 0,01 m hassasiyetinde ölçülmüştür.
 - Tepe boyutlarını belirlemek amacıyla canlı dalların başladığı gövde yüksekliği ölçülerek tepe başlangıç yüksekliği (Ch , m) belirlenmiş ve toplam ağaç boyundan tepe başlangıç yüksekliğinin çıkarılmasıyla da tepe uzunluğu (Cl , m) hesaplanmıştır.
 - Örnek ağaçların göğüs çapları ($d_{1,30}$, cm), dip kütük çapları ($d_{0,30}$, cm), taban çapları (d_0 , cm), ağaç boyu 10 eşit parçaya bölünerek ilgili yüksekliklerdeki gövde çapları ($d_{0,1}$, $d_{0,2}$,

..., $d_{0,9}$, cm) ve ayrıca hacim hesaplamalarında kullanılmak üzere 1,30 m yükseklikten başlamak üzere ağacın tepe ucuna kadar 1 m aralıklarla gövde çapları ($d_{2,30}$, $d_{3,30}$, ..., d_i , cm) çapölçer yardımıyla 0,1 cm hassasiyetinde ölçülmüştür.

- Örnek ağaçların hacimleri bölümlenme yöntemine göre hesaplanmıştır. Bu yöntemde göre ağaçlar dip kütük, seksiyonlar ve uç parça olmak üzere üç bölüme ayrılarak hacimlendirilmiş ve bu bölümlere ilişkin hacimlerin toplanması ile de toplam gövde hacmi (v , m³) elde edilmiştir. Hacim hesaplarında seksiyonların hacimleri ise Smalian hacim denkleminde göre belirlenmiş, dip kütüğün silindirik ve uç parçanın ise koni biçiminde olduğu varsayılmıştır.
- Örnek ağaçların yaşı (t) ölçülmüştür. Yaş, ağacın dip kütük yüksekliğinden (0,30 m) kesilmesi sonucu görünür hale gelen yıllık halkaların sayılması ile belirlenen dip kütük yaşına ağacın dip kütük yüksekliğine ulaşma yaşı eklenerek hesaplanmıştır. Dip kütük yüksekliğine ulaşma yaşı ise yakın çevrede bulunan 0,30 m boyundaki 4-5 fidanın yaşlarının ortalamasının alınması suretiyle elde edilmiştir.

2.2. Yöntem

Örnek ağaçlar üzerinde yapılan ölçümlerden yararlanılarak her bir örnek ağaç için aşağıdaki eşitlikler (1-4) yardımıyla 4 farklı şekil katsayısı (göğüs boyu şekil katsayısı ($f_{1,3}$), mutlak şekil katsayısı (f_0), doğal şekil katsayısı ($f_{0,1}$) ve yapay şekil katsayısı ($f_{0,5}$)) hesaplanmış ve aralarındaki benzerlikler Eşleştirilmiş t Testi yardımıyla incelenmiştir.

Göğüs Boyu Şekil Katsayısı ($f_{1,3}$):

$$f_{1,3} = \frac{v}{v_s} = \frac{v}{\frac{\pi}{4}d_{1,30}^2h} \quad (1)$$

Mutlak Şekil Katsayısı (f_0):

$$f_0 = \frac{v}{v_s} = \frac{v}{\frac{\pi}{4}d_0^2h} \quad (2)$$

Doğal Şekil Katsayısı ($f_{0,1}$):

$$f_{0,1} = \frac{v}{v_s} = \frac{v}{\frac{\pi}{4}d_{0,1}^2h} \quad (3)$$

Yapay Şekil Katsayısı ($f_{0,5}$):

$$f_{0,5} = \frac{d_{0,5}^2}{d_{1,30}^2} \quad (4)$$

Bu eşitliklerde; v : örnek ağaçların gerçek hacmini, v_s : silindirik hacmini, $d_{1,30}$: göğüs yüksekliği çapını, d_0 : toprak seviyesindeki çapı, $d_{0,1}$: ağaç boyunun %10'u yüksekliğindeki çapı, $d_{0,5}$: ağaç boyunun yarısındaki çapı, h : ağaç boyunu ifade etmektedir.

Örnek ağaçlar için hesaplanan şekil katsayılarının bu ağaçlara ilişkin çeşitli özellikler (çap, boy, yaş, tepe başlangıç yüksekliği ve tepe uzunluğu) ile olan ilişkileri Korelasyon Analizi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, öncelikle şekil katsayılarının ve tek ağaç özelliklerinin normal dağılım gösterip göstermedikleri Kolmogorov-Smirnov Testi ile ortaya konulmuş ve sonrasında normal dağılım gösteren şekil katsayıları ve tek ağaç özellikleri arasındaki ilişkiler Pearson Korelasyon Analizi ile, normal dağılım göstermeyen şekil katsayıları ve tek ağaç özellikleri arasındaki ilişkiler de Spearman Korelasyon Analizi ile belirlenmiştir.

Şekil katsayılarının bonitet sınıfı, kapalılık sınıfı, gelişim çağı ve ekorejyonlar bakımından farklılıklarının ortaya konulması amacıyla normal dağılım gösteren şekil katsayıları için Basit Varyans Analizi ve normal dağılım göstermeyen şekil katsayıları için ise Kruskal-Wallis Testi'nden yararlanılmıştır. Gruplar arası farklılıkların belirlenmesinde ise Basit Varyans Analizi uygulanan karşılaştırmalar için Duncan Testi ve Kruskal-Wallis Testi uygulanan karşılaştırmalar için de Mann-Whitney U Testi kullanılmıştır. Şekil katsayılarının meşcere yaşı, meşcere orta çapı, meşcere göğüs yüzeyi, meşcere hacmi ve meşcere sıklığı ile ilişkileri ise Korelasyon Analizi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Normal dağılım gösteren şekil katsayıları ve meşcere özellikleri arasındaki ilişkiler için Pearson Korelasyon Analizi ve normal dağılım göstermeyen şekil katsayıları ve meşcere özellikleri arasındaki ilişkiler için Spearman Korelasyon Analizi uygulanmıştır.

Şekil katsayılarının hacim hesaplamalarındaki başarı düzeyleri de çalışma kapsamında ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, şekil katsayıları teorik hacim denkleminde ($v=g.h.f$) yerine konularak örnek ağaçların hacimleri tahmin edilmiştir. Söz konusu hesaplamalarda şekil katsayıları olarak her bir şekil katsayısına ilişkin olarak bu çalışma kapsamında elde edilen ortalama değerler ve yüzey alanı (g) için de ilgili şekil katsayısına ilişkin gövde çapları ($f_{1.30}$ için $d_{1.30}$, f_0 için d_0 , $f_{0.1}$ için $d_{0.1}$ ve $f_{0.5}$ için $d_{0.5}$) dikkate alınmıştır. Elde edilen hacim değerleri Eşleştirilmiş t Testi yardımıyla gerçek hacim değerleri ile karşılaştırılarak şekil katsayıları yardımıyla elde edilen hacim değerlerinin gerçek hacim değerlerine benzerlikleri belirlenmiştir. Ayrıca, şekil katsayıları yardımıyla hesaplanan hacim değerlerine ilişkin ortalama hata (OH), ortalama mutlak hata (OMH) ve hata kareler ortalamasının karekökü ($HKOK$) hesaplanmıştır.

Ortalama Hata:

$$OH = \frac{\sum(v_f - v)}{n} \quad (5)$$

Ortalama Mutlak Hata:

$$OMH = \frac{\sum|v_f - v|}{n} \quad (6)$$

Hata Kareler Ortalamasının Karekökü:

$$HKOK = \sqrt{\frac{\sum(v_f - v)^2}{n}} \quad (7)$$

Bu eşitliklerde; v_f : şekil katsayıları yardımıyla hesaplanan hacim değerlerini, v : gerçek hacim değerlerini, n : örnek ağaç sayısını ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında uygulanan tüm istatistik analizler IBM SPSS 23 paket programı yardımıyla ve %5 önem düzeyi ile gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

Alınan örnek ağaçlara ($n=145$) ilişkin ölçüm ve hesaplamalar ile elde edilen değerler Çizelge 1'de ve örnek alanlara ilişkin istatistiksel değerler de Çizelge 2'de verilmiştir. Bu değerlere göre örnek ağaçların göğüs yüksekliği çapları 11,1-58,5 cm, boyları 6,4-32,9 m, hacimleri 0,051-4,339 m³ ve yaşları da 20-180 arasında değerlere sahiptir. Örnek alanlara ($n=120$) ilişkin değerler ise orta çap için 11,1-53,7 cm, ağaç sayısı için 88-3750 adet/ha, meşcere göğüs yüzeyi için 3,592-125,893 m²/ha, meşcere hacmi için 10,715-1563,070 m³/ha, rölatif sıklık için 1,00-18,92 ve meşcere yaşı için de 20-184 arasındadır.

Örnek ağaçlar için hesaplanan şekil katsayılarına ilişkin çeşitli istatistiksel değerler Çizelge 3'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Kastamonu yöresi karaçam meşcereleri için ortalama göğüs boyu şekil katsayısı ($f_{1.3}$) 0,489, ortalama mutlak şekil katsayısı (f_0) 0,317, ortalama doğal şekil katsayısı ($f_{0.1}$) 0,504 ve ortalama yapay şekil katsayısı ($f_{0.5}$) 0,481 olarak belirlenmiştir. Göğüs boyu şekil katsayısı ile diğer şekil katsayıları arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan Eşleştirilmiş t Testi sonuçlarına göre göğüs boyu şekil katsayısı ile mutlak ve doğal şekil katsayıları arasında anlamlı farklılık bulunurken ($p<0,05$), yapay şekil katsayısı ile istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 1. Örnek ağaçlara ilişkin açıklayıcı istatistikler

	Ortalama	Standart sapma	Minimum	Maksimum
Göğüs yüksekliği çapı ($d_{1.30}$, cm)	29,6	11,1	11,1	58,5
Taban çapı (d_0 , cm)	36,6	13,2	14,9	71,9
Ağaç boyunun %10'undaki çap ($d_{0.1}$, cm)	28,8	9,9	12,1	54,2
Ağaç boyunun yarısındaki çap ($d_{0.5}$, cm)	20,5	7,9	8,0	47,0
Ağaç boyu (h)	16,6	4,9	6,4	32,9
Tepe başlangıç yüksekliği (Ch , m)	9,2	4,4	0,9	25,3
Tepe uzunluğu (Cl , m)	7,3	2,1	2,1	14,7
Gövde hacmi (v , m ³)	0,714	0,689	0,051	4,339
Yaş (t)	80,7	31,1	20	180

Çizelge 2. Örnek alanlara ilişkin açıklayıcı istatistikler

	Ortalama	Standart sapma	Minimum	Maksimum
Meşcere orta çapı (d_g , cm)	29,5	11,5	11,1	53,7
Ağaç sayısı (N , adet/ha)	612,3	520,9	88	3750
Meşcere göğüs yüzeyi (G , m ² /ha)	33,043	20,019	3,592	125,893
Meşcere hacmi (V , m ³ /ha)	302,615	265,335	10,715	1 563,070
Meşcere sıklığı (RD)	6,08	3,17	1,00	18,92
Meşcere yaşı (T)	79,6	30,8	20	184

Çizelge 3. Şekil katsayılarına ilişkin açıklayıcı istatistikler

Şekil Katsayıları	n	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	p^a
Göğüs boyu şekil katsayısı ($f_{1,3}$)	145	0,489	0,066	0,349	0,892	
Mutlak şekil katsayısı (f_0)	145	0,317	0,051	0,189	0,554	<0,001*
Doğal şekil katsayısı ($f_{0,1}$)	145	0,504	0,066	0,366	0,926	0,005*
Yapay şekil katsayısı ($f_{0,5}$)	145	0,481	0,080	0,321	0,905	0,226 ^{ns}

^a: $f_{1,3}$ ile olan farklılıklar için yapılan Eşleştirilmiş t Testi sonuçları, *: $p<0,05$, ^{ns}: $p>0,05$

Ülkemizde şekil katsayıları ile ilgili diğer güncel araştırmalar incelendiğinde; Gürocak (2011), Batı ve Orta Karadeniz Bölgesi *Fagus orientalis* meşcereleri için göğüs boyu, mutlak, doğal ve yapay şekil katsayısı ortalamalarını sırasıyla 0,449, 0,305, 0,479 ve 0,353 olarak belirlemiş ve göğüs boyu şekil katsayısı ile diğer şekil katsayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı farkların bulunduğunu ($p<0,05$) ifade etmiştir. Carus ve Çatal (2012) tarafından yine *Fagus orientalis* meşcereleri için yapılan bir başka araştırmada göğüs boyu, mutlak, doğal ve yapay şekil katsayısı değerleri sırasıyla 0,462, 0,312, 0,423 ve 0,404 olarak verilmiş ve göğüs boyu şekil katsayısı ile diğer şekil katsayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu ($p<0,05$) belirtilmiştir. Sarıkaya (2012) tarafından Muğla yöresi *Pinus brutia* meşcereleri için yapılan bir çalışmada ise göğüs boyu, mutlak, doğal ve yapay şekil katsayısı ortalamaları sırasıyla 0,474, 0,319, 0,439 ve 0,409 olarak belirlenmiş ve bu çalışmada da göğüs boyu şekil katsayısının diğer şekil katsayılarından anlamlı farklılık gösterdiği ($p<0,05$) ifade edilmiştir. Uluslararası çalışmalarda ise; ortalama göğüs boyu şekil katsayısının Polonya'daki *Abies grandis* ve *Larix decidua* meşcereleri için sırasıyla 0,502 (Socha ve Kulej, 2005) ve 0,460 (Socha ve Kulej, 2007), Hindistan'daki 25 doğal ağaç türü için 0,520 (Adekanle vd., 2013) ve Nepal'deki *Shorea robusta* meşcereleri için de 0,430 (Subedi vd., 2021) olduğu belirlenmiştir. İran'da yapılan araştırmalarda ise ortalama göğüs boyu, doğal ve yapay şekil katsayılarının *Cupressus sempervirens* meşcereleri için sırasıyla 0,453, 0,457 ve 0,505 (Ahmadi vd., 2008) ve *Pinus taeda* ağaçlandırmaları için 0,472, 0,500 ve 0,462 (Fadaei vd., 2008) olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmaların ilkinde (Ahmadi vd., 2008) göğüs boyu ve yapay şekil katsayıları arasında ve ikincisinde (Fadaei vd., 2008) ise göğüs boyu ve doğal şekil katsayıları arasında anlamlı farklılık olduğu ($p<0,05$) belirtilmiştir.

Şekil katsayılarının ağaçların çap, boy, tepe başlangıç yüksekliği, tepe uzunluğu ve yaş gibi özellikleri ile olan ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla öncelikle şekil katsayılarının ve söz konusu tek ağaç özelliklerinin normal dağılım gösterip göstermedikleri test edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; göğüs boyu, mutlak ve doğal şekil katsayılarının normal dağılım göstermediği ($p<0,05$), yapay şekil katsayısının ise normal dağılım gösterdiği ($p>0,05$) belirlenmiştir. Diğer taraftan, ağaçlara ilişkin boy ve yaş değişkenleri normal dağılım gösterirken ($p>0,05$), çap, tepe başlangıç yüksekliği ve tepe uzunluğu normal dağılım göstermemiştir ($p<0,05$). Bu sonuçlara göre; yapay şekil katsayısı ile boy ve yaş değişkenleri arasındaki ilişkiler Pearson Korelasyon Analizi yardımıyla ve çap, tepe başlangıç yüksekliği ve tepe uzunluğu değişkenleri arasındaki ilişkiler de Spearman Korelasyon Analizi ile belirlenmiştir. Diğer tüm şekil katsayıları (göğüs boyu, mutlak ve doğal) ile tüm tek ağaç özellikleri arasındaki ilişkiler için de Spearman Korelasyon Analizi uygulanmıştır. Korelasyon analizlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar; göğüs boyu şekil katsayısı

ile tüm tek ağaç özellikleri arasında, mutlak şekil katsayısı ile tepe uzunluğu ve yaş arasında ve doğal şekil katsayısı ile tepe uzunluğu dışındaki tüm tek ağaç özellikleri arasında anlamlı korelasyon bulunduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Yapay şekil katsayısı ile tek ağaç özellikleri arasında ise anlamlı korelasyon bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu sonuçlara göre; göğüs boyu şekil katsayısı ile çap, boy ve tepe başlangıç yüksekliği arasında negatif yönlü ve orta düzeyli bir ilişki mevcutken, tepe uzunluğu ve yaş arasında negatif yönlü ve zayıf bir ilişki bulunmaktadır. Mutlak şekil katsayısının tepe uzunluğu ile ilişkisi negatif yönlü ve zayıf, yaş ile olan ilişkisi ise pozitif yönlü ve zayıftır. Diğer şekil katsayılarının aksine doğal şekil katsayısının çap, boy, tepe başlangıç yüksekliği ve yaş ile ilişkileri pozitif yönlü olup, söz konusu ilişkiler boy, tepe başlangıç yüksekliği ve yaş için orta ve çap için de zayıf seviyededir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer olarak ülkemizde yürütülen bazı araştırmalarda da şekil katsayıları ile göğüs çapı ve boy arasında anlamlı ilişkiler bulunmuştur (Gürocak, 2011; Sarıkaya, 2012). Suga vd. (2011) tarafından Japonya'daki *Phyllostachys pubescens* meşcereleri için yürütülen çalışmada ise doğal şekil katsayısı ile çap ve boy arasında anlamlı ilişki gözlemlenmezken ($p>0,05$), yapay şekil katsayısı ile çap ve boy arasındaki ilişki anlamlı ($p<0,05$) bulunmuştur. Japonya'daki *Phyllostachys nigra* meşcereleri için yapılan bir diğer araştırmada ise tam tersi bir durum söz konusudur (Inoue vd., 2012).

Şekil katsayılarının bonitet sınıfı, kapalılık sınıfı ve gelişim çağı gibi meşcere özellikleri ve ekorejyonlar bakımından farklılıklarının belirlenmesi amacıyla yapay şekil katsayısı için Basit Varyans Analizi ve göğüs boyu şekil katsayısı, mutlak şekil katsayısı ve doğal şekil katsayısı için de Kruskal-Wallis Testinden yararlanılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5'te verilmiştir.

Örnek alanların yer aldığı meşcerelerin bonitet sınıfları Kalıpsız (1963) tarafından önerilen sınıflandırmaya göre (I. Bonitet: $BE \geq 29,5$ m, II. Bonitet: $BE = 24,5-29,4$ m, III. Bonitet: $BE = 19,5-24,4$ m, IV. Bonitet: $BE = 14,5-19,4$ m, V. Bonitet: $BE < 14,5$ m) belirlenmiş olup, şekil katsayılarının bonitet sınıfları bakımından karşılaştırılmasıyla elde edilen sonuçlara göre; göğüs boyu ve mutlak şekil katsayıları bakımından anlamlı farklılık bulunurken ($p<0,05$), yapay ve doğal şekil katsayıları bakımından anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$). Göğüs boyu şekil katsayısı I. bonitet sınıfında en düşük değere sahipken ($\bar{f}_{1,3(V)} = 0,462$), V. bonitet sınıfında en yüksek değeri almıştır ($\bar{f}_{1,3(V)} = 0,507$). Mutlak şekil katsayısı ise I. bonitet sınıfında diğer bonitet sınıflarına göre daha düşük değerler alırken ($\bar{f}_{0(I)} = 0,277$), II, III, IV ve V. bonitet sınıfları için benzer değerlere ($\bar{f}_{0(II)} = 0,324$; $\bar{f}_{0(III)} = 0,318$, $\bar{f}_{0(IV)} = 0,326$; $\bar{f}_{0(V)} = 0,336$) sahip olmuştur (Çizelge 5; Şekil 1).

Kapalılık sınıfları (1 kapalı: %11-40, 2 kapalı: %41-70, 3 kapalı: >%70) için elde edilen sonuçlara göre; kapalılık sınıfları arasında tüm şekil katsayıları bakımından anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$) (Çizelge 5; Şekil 2).

Gelişim çağıları (b : $d_g=8-19,9$ cm, c : $d_g=20-35,9$ cm, d : $d_g \geq 36$ cm) bakımından yapılan karşılaştırmada göğüs boyu ve doğal şekil katsayılarının gelişim çağıları bakımından anlamlı farklılıklar gösterdiği ($p < 0,05$), mutlak ve yapay şekil katsayılarının ise anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir ($p > 0,05$). Elde edilen sonuçlara göre; göğüs boyu şekil katsayısı için en yüksek değer “ b ” gelişim çağında

elde edilirken ($\bar{f}_{1,3(b)}=0,536$), aynı gelişim çağında doğal şekil katsayısı en düşük değeri ($\bar{f}_{0,1(b)}=0,489$) almıştır. Bunun aksine, göğüs boyu şekil katsayısının en düşük olduğu ($\bar{f}_{1,3(d)}=0,462$) “ d ” gelişim çağında doğal şekil katsayısı en yüksek değere ($\bar{f}_{0,1(d)}=0,521$) sahiptir (Çizelge 5; Şekil 3).

Çizelge 4. Şekil katsayıları ile tek ağaç özellikleri arasındaki ilişkiler

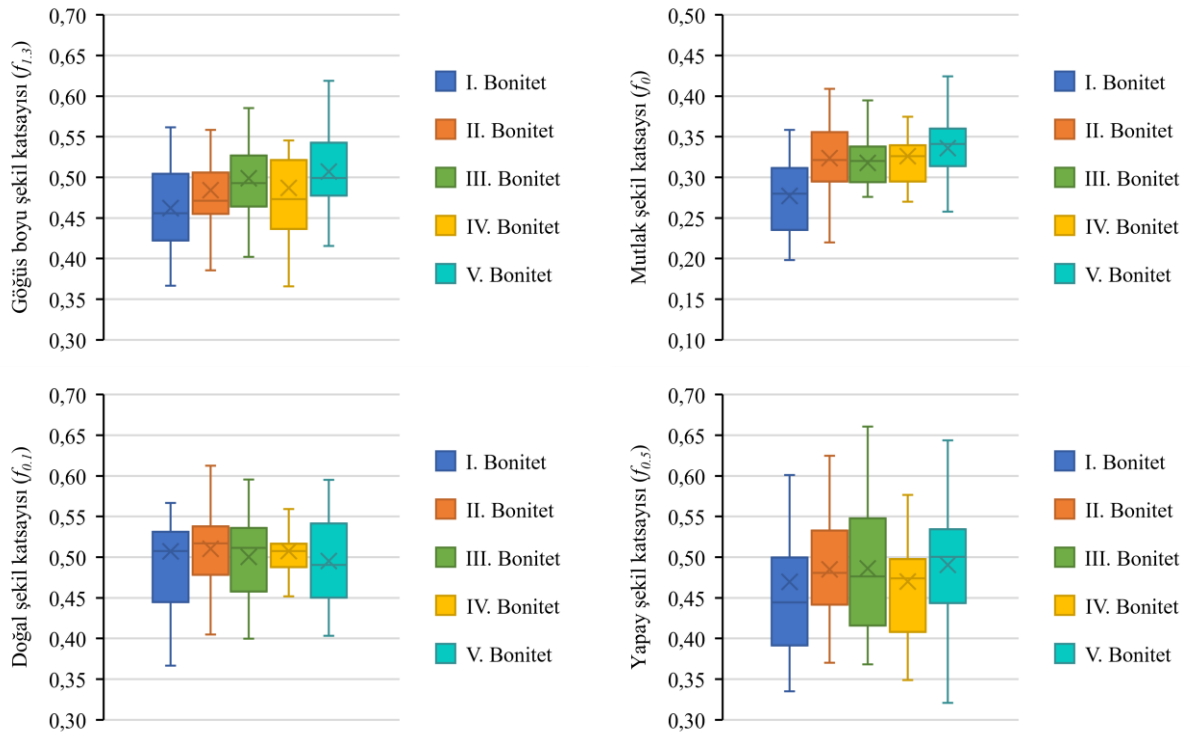
Şekil katsayıları		Çap (cm)	Boy (m)	Tepe başlangıç yüksekliği (m)	Tepe uzunluğu (m)	Yaş
Göğüs boyu şekil katsayısı ($f_{1,3}$)	r	-0,405	-0,419	-0,348	-0,283	-0,170
	p	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	0,041*
Mutlak şekil katsayısı (f_0)	r	-0,034	-0,082	-0,016	-0,178	0,168
	p	0,684 ^{ns}	0,325 ^{ns}	0,851 ^{ns}	0,032*	0,044*
Doğal şekil katsayısı ($f_{0,1}$)	r	0,266	0,396	0,391	0,121	0,333
	p	0,001*	<0,001*	<0,001*	0,148 ^{ns}	<0,001*
Yapay şekil katsayısı ($f_{0,5}$)	r	-0,087	-0,021	-0,029	-0,116	0,156
	p	0,296 ^{ns}	0,802 ^{ns}	0,727 ^{ns}	0,165 ^{ns}	0,061 ^{ns}

*: $p < 0,05$, ^{ns}: $p > 0,05$

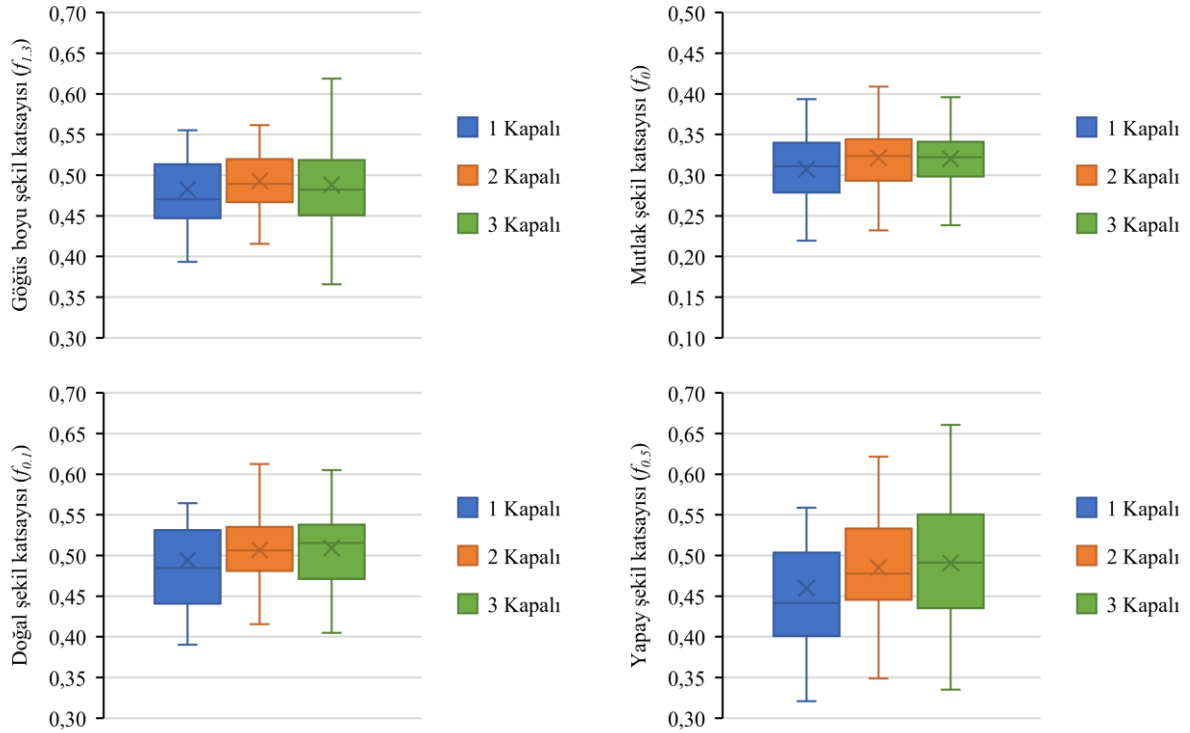
Çizelge 5. Şekil katsayıları ile meşcere özellikleri arasındaki ilişkiler (I)

Bonitet Sınıfı	\bar{f}	p	Kapalılık	\bar{f}	p	Gelişim Çağı	\bar{f}	p	Ekorejyon	\bar{f}	p	
$f_{1,3}$	I (n=25)	0,462 ^b	0,022*	1 (n=37)	0,483	0,361 ^{ns}	b (n=35)	0,536 ^a	<0,001*	1 (n=12)	0,462	0,240 ^{ns}
	II (n=37)	0,484 ^{ab}		2 (n=52)	0,493		c (n=69)	0,482 ^b		3 (n=91)	0,491	
	III (n=28)	0,487 ^{ab}		3 (n=56)	0,488		d (n=41)	0,462 ^b		4 (n=42)	0,491	
	IV (n=26)	0,499 ^{ab}										
	V (n=29)	0,507 ^a										
f_0	I (n=25)	0,277 ^b	<0,001*	1 (n=37)	0,307	0,421 ^{ns}	b (n=35)	0,328	0,738 ^{ns}	1 (n=12)	0,305 ^b	<0,001*
	II (n=37)	0,324 ^a		2 (n=52)	0,321		c (n=69)	0,313		3 (n=91)	0,307 ^b	
	III (n=28)	0,318 ^a		3 (n=56)	0,320		d (n=41)	0,315		4 (n=42)	0,343 ^a	
	IV (n=26)	0,326 ^a										
	V (n=29)	0,336 ^a										
$f_{0,1}$	I (n=25)	0,507	0,777 ^{ns}	1 (n=37)	0,494	0,152 ^{ns}	b (n=35)	0,489 ^b	0,021*	1 (n=12)	0,541	0,544 ^{ns}
	II (n=37)	0,510		2 (n=52)	0,506		c (n=69)	0,502 ^a		3 (n=91)	0,502	
	III (n=28)	0,500		3 (n=56)	0,509		d (n=41)	0,521 ^a		4 (n=42)	0,498	
	IV (n=26)	0,507										
	V (n=29)	0,495										
$f_{0,5}$	I (n=25)	0,469	0,815 ^{ns}	1 (n=37)	0,460	0,172 ^{ns}	b (n=35)	0,480	0,520 ^{ns}	1 (n=12)	0,492	0,640 ^{ns}
	II (n=37)	0,485		2 (n=52)	0,485		c (n=69)	0,488		3 (n=91)	0,476	
	III (n=28)	0,486		3 (n=56)	0,491		d (n=41)	0,470		4 (n=42)	0,488	
	IV (n=26)	0,470										
	V (n=29)	0,490										

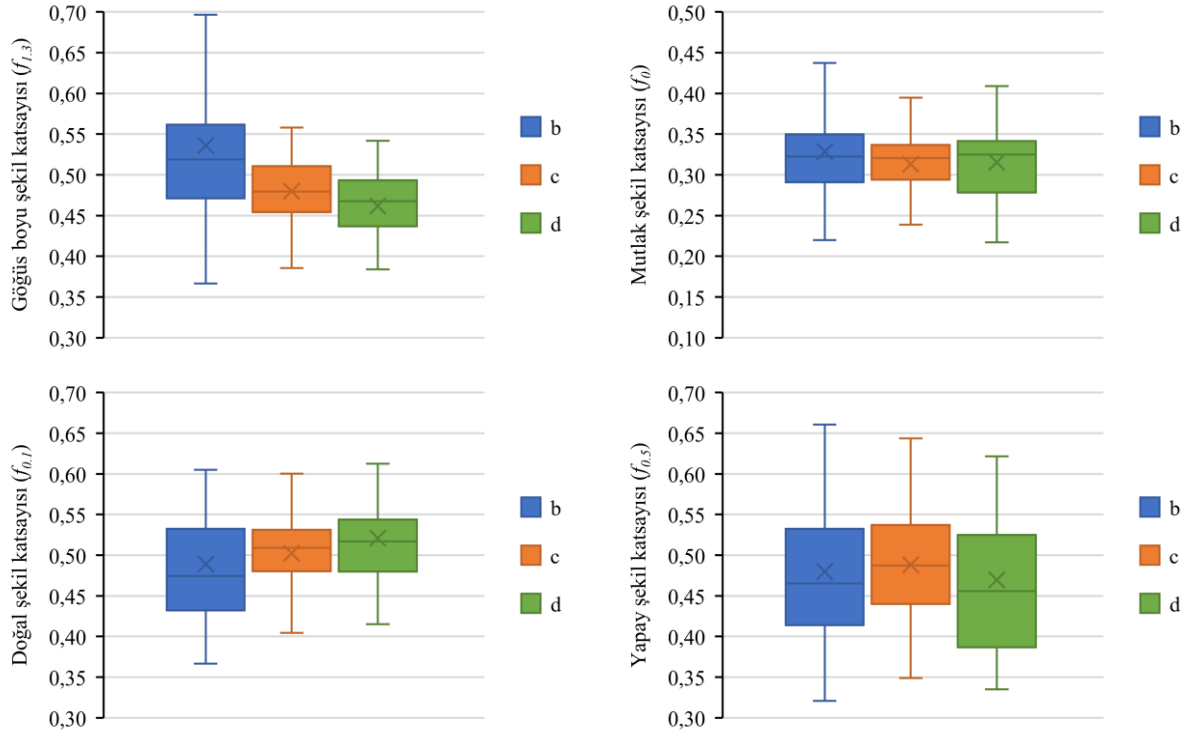
*: $p < 0,05$, ^{ns}: $p > 0,05$, ^{a,b}: Homojen gruplar.



Şekil 1. Şekil katsayılarının bonitet sınıflarına göre değişimi



Şekil 2. Şekil katsayılarının kapalılık sınıflarına göre değişimi



Şekil 3. Şekil katsayılarının gelişim çağlarına göre değişimi

Atalay (2014), iklim, topoğrafya, ana materyal, toprak ve biyotik faktörleri dikkate alarak Türkiye’yi 8 ekolojik bölgeye ve her bir bölgeyi de kendi içerisinde alt bölümlere ayırmıştır. Bu sınıflandırmaya göre çalışmanın yürütüldüğü Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karadeniz İklim Bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Karadeniz İklim Bölgesi; Nemli-İlman Geniş Yapraklı Orman Bölümü (Ekorejyon 1), Karadeniz Kıyı Dağları Nemli-Soğuk İğne Yapraklı Orman Bölümü (Ekorejyon 2), Karadeniz Ardı Plato ve Dağlar Soğuk Yarım Nemli Orman Bölümü (Ekorejyon 3), Karadeniz Ardı Kurakçıl Orman-Çalı Bölümü (Ekorejyon 4) ve Karadeniz Dağ Çayır/Orman Bölümü (Ekorejyon 5) olmak üzere beş farklı ekolojik alt bölüm (ekorejyon) içermektedir. Çalışma kapsamında alınan örnek alanlar üç ekorejyona (1, 3 ve 4) dağılmakta olup, şekil katsayılarının ekorejyonlar bakımından karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlara göre; mutlak şekil katsayısı ekorejyonlar arası anlamlı farklılıklara sahipken ($p < 0,05$), ekorejyonlar arasında göğüs boyu, yapay ve doğal şekil katsayıları bakımından farklılık bulunmamaktadır ($p > 0,05$). Sonuçlar; tüm ekorejyonlarda göğüs boyu, doğal ve yapay şekil katsayılarının “0,5” civarında olduğunu gösterirken, mutlak şekil katsayısı ekorejyonlara göre farklı değerler ($\bar{f}_{0(1)}=0,305$; $\bar{f}_{0(2)}=0,307$, $\bar{f}_{0(3)}=0,343$) almıştır (Çizelge 5; Şekil 4). Literatürde şekil katsayılarının ekorejyonlar arası karşılaştırmasına yönelik bir çalışmaya rastlanmamış olmakla birlikte bu çalışmanın yürütüldüğü Kastamonu yöresi karaçam meşcerelerinde yapılan çalışmalarda çap ve boy ilişkilerinin (Seki ve Sakıcı, 2022a) ve meşcere gelişiminin (Seki ve Sakıcı, 2022b) ekorejyonlara göre anlamlı farklılıklar gösterdiği ifade edilmiştir.

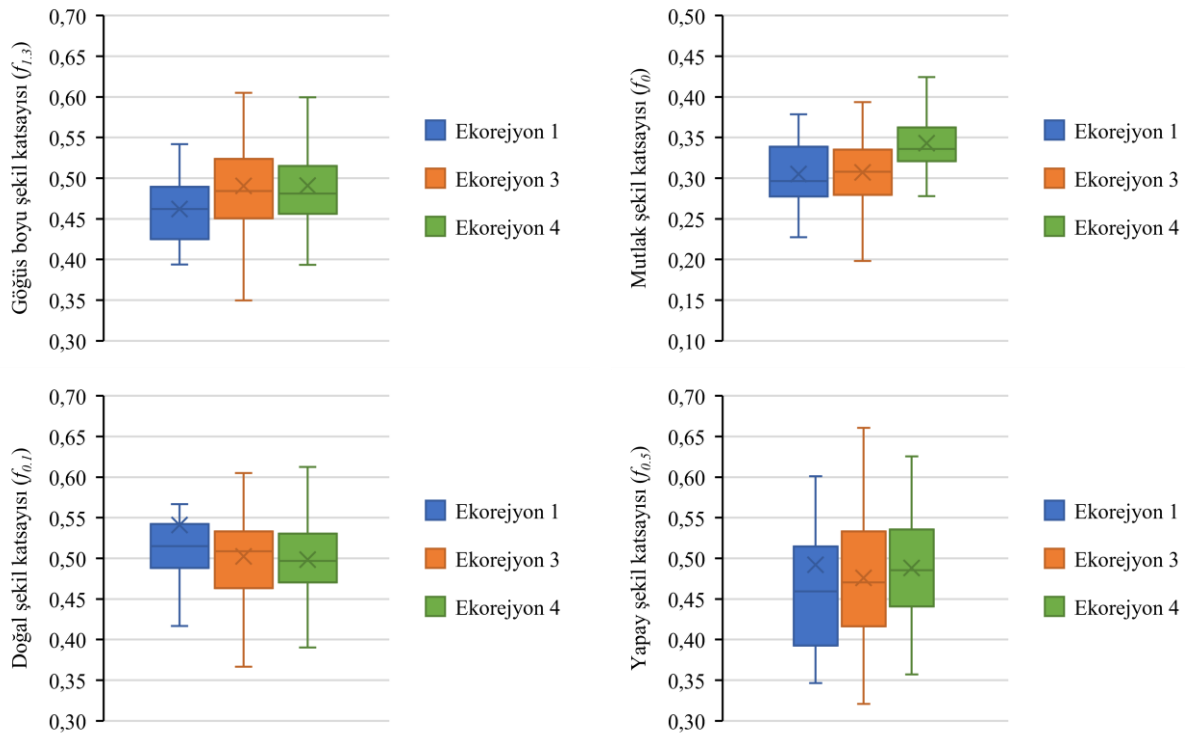
Çalışma kapsamında meşcere yaşı, meşcere orta çapı, meşcere göğüs yüzeyi, meşcere hacmi ve meşcere sıklığı gibi meşcere özellikleri geçici örnek alanlar yardımıyla

belirlendiğinden meşcere özelliklerine ilişkin değerler de ölçüm anındaki değerleri ifade etmektedir. Bu nedenle, incelenen meşcere özelliklerinin zamana bağlı değişimlerinin şekil katsayıları üzerindeki etkileri analiz edilememekle birlikte şekil katsayıları ile aktüel meşcere özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Şekil katsayılarının söz konusu meşcere özellikleri ile ilişkilerinin araştırılabilmesi için öncelikle meşcere özelliklerinin normal dağılım gösterip göstermedikleri analiz edilmiş ve çalışmaya konu tüm meşcere özelliklerinin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir ($p < 0,05$). Meşcere özelliklerinin normal dağılım göstermemesi sebebiyle şekil katsayıları ile aralarındaki ilişkiler Spearman Korelasyon Analizinden yararlanılarak belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 6’da verilmiştir. Sonuçlar; göğüs boyu şekil katsayısı ile meşcere yaşı, meşcere orta çapı, meşcere göğüs yüzeyi ve meşcere hacmi arasında negatif yönlü, doğal şekil katsayısı ile tüm meşcere özellikleri arasında pozitif yönlü ve yapay şekil katsayısı ile meşcere yaşı arasında negatif yönlü ilişkiler olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Mutlak şekil katsayısı ile hiçbir meşcere özelliği arasında ise anlamlı korelasyon bulunamamıştır ($p > 0,05$). Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde uygulamada en çok tercih edilen göğüs boyu şekil katsayısının meşcere sıklığı dışındaki meşcere özellikleri ile ilişki gösterdiği ve yine çeşitli bilimsel araştırmalarda ve ormancılık uygulamalarında geniş yer bulan doğal şekil katsayısının değerlendirilen tüm meşcere özellikleri ile korelasyon içerisinde olduğu anlaşılmaktadır. Meşcere sıklığının ağaçların gövde şekilleri üzerinde etkili olması beklenen bir durumken, hesaplanan meşcere sıklığının ölçüm anındaki değeri yansıtmaması ve meşcerenin geçmiş yıllardaki sıklık değerleri hakkında bilgi sahibi olunmaması bu çalışmada bulunan sonuçların olası sebepleri olarak düşünülmektedir. Bununla birlikte, ağaçların gövde şekilleri üzerinde meşcerelerin anlık sıklık değerlerinin değil,

geçmişten bugüne seyreden sıklık değerlerinin etkili olduğu ve meşcerelerin günümüzdeki sıklıklarının geçmiş yıllardaki sıklık değerleri ile farklılıklar gösterebildiği gerçeklerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Öyle ki, genç yaşlarda az sayıda ağaç bulunduran meşcereler ileriki yaşlarda sık meşcerelere dönüşebilmekte veya genç yaşlarda aşırı sık yapıda olan meşcereler ileriki yaşlarda seyrek meşcerelere dönüşebilmektedirler (Yavuz, 1988). Bu çalışmada ulaşılan bulgulara paralel olarak Socha ve Kulej (2007) tarafından Polonya'daki *Larix decidua* meşcereleri için yapılan çalışmada da şekil katsayılarının meşcere sıklığı ile ilişki göstermediği ifade edilmiştir.

Şekil katsayılarının hacim tahminlerindeki başarı düzeylerini ortaya koymak üzere şekil katsayılarının teorik hacim denkleminde ($v=g.h.f$) kullanılmasıyla elde edilen hacim değerleri ile örnek ağaçların gerçek hacimleri

Eşleştirilmiş t Testi yardımıyla karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 7'de verilmiş olup, bu sonuçlara göre göğüs boyu şekil katsayısı yardımıyla elde edilen hacim değerleri gerçek hacim değerlerinden istatistiksel olarak farklı bulunurken ($p<0,05$), mutlak, doğal ve yapay şekil katsayıları kullanılarak elde edilen hacimler gerçek hacim değerleri ile benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Sonuçlar; gerçek hacimlere en yakın tahminlerin mutlak şekil katsayısı ile yapılabildiğini ($OH=0,008$ m³, $OMH=0,084$ m³, $HKOK=0,144$ m³) göstermektedir. Bununla birlikte, uygulamada en çok tercih edilen şekil katsayısı olan göğüs boyu şekil katsayısı ile hesaplanan hacimler gerçek hacimlerden istatistiksel olarak farklı bulunmuş olsa da bu şekil katsayısı ile elde edilen hacimlerin de gerçek hacimlerden önemli bir farklılık göstermediği ($OH=0,029$ m³, $OMH=0,059$ m³, $HKOK=0,101$ m³) söylenebilir.



Şekil 4. Şekil katsayılarının ekorejyonlara göre değişimi

Çizelge 6. Şekil katsayıları ile meşcere özellikleri arasındaki ilişkiler (II)

Şekil katsayıları		Meşcere yaşı	Meşcere orta çapı (cm)	Meşcere göğüs yüzeyi (m ² /ha)	Meşcere hacmi (m ³ /ha)	Meşcere sıklığı
Göğüs boyu şekil katsayısı ($f_{1.3}$)	r	-0,166	-0,420	-0,222	-0,362	-0,076
	p	0,046*	<0,001*	0,007*	<0,001*	0,365 ^{ns}
Mutlak şekil katsayısı (f_0)	r	0,153	-0,037	0,058	-0,038	0,096
	p	0,067 ^{ns}	0,660 ^{ns}	0,487 ^{ns}	0,646 ^{ns}	0,249 ^{ns}
Doğal şekil katsayısı ($f_{0.1}$)	r	0,317	0,254	0,317	0,312	0,293
	p	<0,001*	0,002*	<0,001*	<0,001*	<0,001*
Yapay şekil katsayısı ($f_{0.5}$)	r	0,167	-0,120	0,060	0,009	0,137
	p	0,044*	0,150 ^{ns}	0,470 ^{ns}	0,919 ^{ns}	0,100 ^{ns}

*: $p<0,05$, ^{ns}: $p>0,05$

Çizelge 7. Şekil katsayıları ile hesaplanan hacimlerin gerçek hacimlerle karşılaştırılması

Şekil Katsayıları	Ortalama hacim değerleri		p	OH (m ³)	OMH (m ³)	$HKOK$ (m ³)
	Gerçek (m ³)	Tahmin (m ³)				
Göğüs boyu şekil katsayısı ($f_{1.3}$)	0,714	0,743	<0,001*	0,029	0,059	0,101
Mutlak şekil katsayısı (f_0)	0,714	0,722	0,486 ^{ns}	0,008	0,084	0,144
Doğal şekil katsayısı ($f_{0.1}$)	0,714	0,696	0,065 ^{ns}	-0,018	0,058	0,117
Yapay şekil katsayısı ($f_{0.5}$)	0,714	0,730	0,298 ^{ns}	0,016	0,068	0,188

*: $p<0,05$, ^{ns}: $p>0,05$, OH : Ortalama Hata, OMH : Ortalama mutlak Hata, $HKOK$: Hata Kareler Ortalamasının Karekökü

Ülkemizde, Gürocak (2011) tarafından *Fagus orientalis* meşcereleri için yapılan çalışmada göğüs boyu şekil katsayısı ile hesaplanan hacim değerleri ile mutlak ve yapay şekil katsayıları ile tahmin edilen hacim değerleri arasında ve Sarıkaya (2012) tarafından *Pinus brutia* meşcereleri için yapılan çalışmada ise göğüs boyu şekil katsayısı ile hesaplanan hacim değerleri ile diğer şekil katsayılarının tamamı ile tahmin edilen hacim değerleri arasında anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir. Hacim hesaplamalarında göğüs boyu şekil katsayısı yerine kullanılabilir en uygun şekil katsayısı olarak Gürocak (2011) tarafından yapay şekil katsayısı ve Sarıkaya (2012) tarafından doğal şekil katsayısı önerilmiştir. Benzer şekilde, Fadaei vd. (2008) tarafından da İran'daki *Pinus taeda* yapay meşcerelerinde yetişen ağaçlara ilişkin hacim hesaplamalarında doğal şekil katsayısının kullanılabilirliği ifade edilmiştir. Bu sonuçların aksine, Adekunle vd. (2013) ise göğüs boyu şekil katsayısının hacim hesaplamalarında başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

4. Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışma, örnek ağaçlar üzerinde yapılan ölçümlere dayalı olarak Kastamonu yöresi karaçam meşcereleri için göğüs boyu, mutlak, doğal ve yapay şekil katsayıları olmak üzere 4 farklı şekil katsayısının hesaplanması ve söz konusu şekil katsayıları üzerinde anlamlı etkiye sahip ağaç, meşcere ve yetişme ortamı özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışma sonucunda, göğüs boyu, mutlak, doğal ve yapay şekil katsayıları için ortalama değerler sırasıyla 0,489, 0,317, 0,504 ve 0,481 olarak belirlenmiştir. Göğüs boyu şekil katsayısı ile mutlak ve doğal şekil katsayıları arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Söz konusu bu farklılıkların, örnek ağaçların çap, boy, hacim ve yaş bakımından oldukça geniş varyasyona sahip olmalarından kaynaklandığı söylenebilir.

Şekil katsayılarının çeşitli tek ağaç özellikleri (çap, boy, tepe başlangıç yüksekliği, tepe uzunluğu ve yaş) ile olan ilişkileri incelendiğinde; göğüs boyu şekil katsayısı ile tüm tek ağaç özellikleri arasında, mutlak şekil katsayısı ile tepe uzunluğu ve yaş arasında ve doğal şekil katsayısı ile de çap, boy, tepe başlangıç yüksekliği ve yaş arasında anlamlı korelasyon bulunmuştur. Çalışma kapsamında elde edilen bu sonuçların dışında, şekil katsayılarının ağaç türleri ve belirli bir ağaç türünün farklı yayılış alanları arasındaki farklılıkları da inceleyebilir.

Şekil katsayılarının bonitet sınıfları, kapalılık sınıfları, gelişim çağları ve ekorejyonlar arası farklılıkları incelendiğinde; göğüs boyu şekil katsayısının bonitet sınıfları ve gelişim çağları bakımından, mutlak şekil katsayısının bonitet sınıfları ve ekorejyonlar bakımından ve doğal şekil katsayısının da gelişim çağları bakımından anlamlı farklılıklara sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, şekil katsayılarının özellikle bonitet sınıfları ve gelişim çağlarından etkilendiğini göstermektedir. Şekil katsayılarının çeşitli meşcere özellikleri (meşcere yaşı, meşcere orta çapı, meşcere göğüs yüzeyi, meşcere hacmi ve meşcere sıklığı) ile olan ilişkileri incelendiğinde ise; göğüs boyu şekil katsayısının meşcere yaşı, meşcere orta çapı, meşcere göğüs yüzeyi ve meşcere hacmi ile negatif yönlü, doğal şekil katsayısının tüm meşcere özellikleri ile pozitif yönlü ve yapay şekil katsayısının da meşcere yaşı ile pozitif yönlü ilişkiler gösterdiği belirlenmiştir. Mutlak şekil katsayısı ile meşcere özellikleri arasında ise anlamlı bir ilişki mevcut

değildir. Meşcere özellikleri bağlamında elde edilen bu sonuçlar geçici örnek alanlarda elde edilen aktüel verilere dayanmaktadır. Meşcere özelliklerinin şekil katsayıları üzerindeki etkilerinin zamansal olarak ortaya konulabilmesi için yürütülecek araştırmalarda, daha duyarlı sonuçların elde edilebilmesi için devamlı örnek alanlardan elde edilen verilerin kullanılması önerilebilir.

Şekil katsayılarının hacim tahminlerindeki başarı düzeyleri, gerçek hacim değerleri ile şekil katsayıları kullanılarak elde edilen hacim değerleri arasında yapılan karşılaştırmalara göre analiz edildiğinde; göğüs boyu ve yapay şekil katsayıları yardımıyla elde edilen hacim değerlerinin gerçek hacim değerlerinden istatistiksel olarak farklı olduğu, mutlak ve doğal şekil katsayıları kullanılarak elde edilen hacimlerin ise gerçek hacim değerleri ile benzer olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre; dikili ağaç hacimlerinin tahmininde ağaç hacim tablolarının kullanımı gibi yaygın bir uygulamaya ek olarak göğüs boyu şekil katsayısı yardımıyla teorik hacim denkleminin kullanılması da alternatif bir yöntem olsa da Kastamonu yöresi karaçam meşcerelerinde göğüs boyu şekil katsayısı yerine mutlak veya doğal şekil katsayılarının kullanılması hacim tahminlerindeki başarıyı artıracaktır.

Açıklama

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından "2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı" kapsamında 1919B012109568 başvuru numarası ile desteklenen ve Elif Şeyda KESİK'in yürütücülüğünü ve Oytun Emre SAKICI'nın danışmanlığını yaptığı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Adekunle, V.A.J., Nair, K.N., Srivastava, A.K., Singh, N.K., 2013. Models and form factors for stand volume estimation in natural forest ecosystems: A case study of Katarniaghat Wildlife Sanctuary (KGWS), Bahraich District, India. *Journal of Forestry Research*, 24(2): 217-226.
- Ahmadi, A., Fallah, A., Jalilvand, H., Kooch, Y., 2008. Determining the best form factor formula for zarbin (*Cupressus sempervirens* var. *horzontalis*) in north of Iran. *Asian Journal of Biological Sciences*, 1(1): 39-44.
- Atalay, İ., 2014. Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri (Genişletilmiş 2. Baskı). Meta Basım Matbaacılık, İzmir.
- Baytaş, S., Seki, M., 2023. Safranbolu yöresi Kazdağı Gökarnı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) meşcereleri için ağaç hacim tabloları. *Turkish Journal of Forestry*, 24(2): 61-68.
- Carus, S., Çatal, Y., 2012. Determination of the most appropriate method of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stem form coefficient in Turkey. *Proceedings of International Scientific Conference on Forests in The Future-Sustainable Use, Risks and Challenges*, 4-5 October, Belgrade, Republic of Serbia, pp. 25-32.
- Curtis, R.O., 1982. A simple index of stand density for Douglas-fir. *Forest Science*, 28(1): 92-94.
- Da Silva, J.A.A., Borders, B.E., Brister, G.H., 1994. Estimating tree volume using a new form factor. *The Commonwealth Forestry Review*, 73(1): 14-17.
- Eler, Ü., 2003. Dendrometri. Süleyman Demirel Üniversitesi Basımevi, Isparta.
- Fadaei, F., Fallah, A., Latifi, H., Mohammadi, K., 2008. Determining the best form factor formula for loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations at the age of 18, in Guilan-northern Iran. *Asian Journal of Environmental Sciences*, 6(1): 19-24.

- Gürocak, H., 2011. Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.)'nda bazı ağaç şekil katsayılarının göğüs çapı ve boya göre gelişimleri ve karşılaştırılmaları. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Inoue, A., 2006. A model for the relationship between form-factors for stem volume and those for stem surface area in coniferous species. *Journal of Forest Research*, 11: 289-294.
- Inoue, A., Sakamoto, S., Suga, H., Kitahara, F., 2011. Estimation of culm volume for bamboo, *Phyllostachys bambusoides*, by two-way volume equation. *Biomass and Bioenergy*, 35: 2666-2673.
- Inoue, A., 2012. Variation in form-factors for stem surface area in evenaged pure stands of Japanese larch (*Larix kaempferi*). *Journal of Forest Planning*, 17: 53-57.
- Inoue, A., Sakamoto, S., Kitazato, H., Sakuta, K., 2012. Development of two-way volume equation for bamboo, *Phyllostachys nigra*. *Journal of Forest Planning*, 18: 13-19.
- Inoue, A., Sato, M., Shima, H., 2021. A new taper index based on form-factor: application to three bamboo species (*Phyllostachys* spp.). *European Journal of Forest Research*, 140: 1533-1542.
- Kalipsız, A., 1963. Türkiye'de Karacam Meşcerelerinin Tabii Büyümesi ve Verim Kudreti Üzerine Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Kalpınsız, A., 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Larson, P.R., 1963. Stem form development of forest trees. *Forest Science*, 9(S-2): 1-42.
- Muhairwe, C.K., 1994. Tree form and taper variation over time for interior lodgepole pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 24(9): 1904-1913.
- OGM, 2023. Ormancılık İstatistikleri 2022. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Petrin, R., Bogdanov, K., 2017. Comparative investigations of the form factor for different tree species, uniform average form factor. *Management and Sustainable Development*, 63(2): 1-6.
- Sakıcı, O.E., Sağlam, F., Seki, M., 2018. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri. *Turkish Journal of Forestry*, 19(1): 20-29.
- Sarıkaya, C., 2012. Muğla yöresi kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde bazı ağaç şekil katsayılarının göğüs çapı ve boya göre gelişimleri ve karşılaştırılmaları. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Seki, M., Sakıcı, O.E., 2022a. Ecoregion-based height-diameter models for Crimean pine. *Journal of Forest Research*, 27(1): 36-44.
- Seki, M., Sakıcı, O.E., 2022b. Ecoregional variation of Crimean pine (*Pinus nigra* subspecies *pallasiana* [Lamb.] Holmboe) stand growth. *Forest Science*, 68(5-6): 452-463.
- Socha, J., Kulej, M., 2005. Provenance-dependent variability of *Abies grandis* stem form under mountain conditions of Beskid Sadecki (southern Poland). *Canadian Journal of Forest Research*, 35(11): 2539-2552.
- Socha, J., Kulej, M., 2007. Variation of the tree form factor and taper in European larch of Polish provenances tested under conditions of the Beskid Sadecki mountain range (southern Poland). *Journal of Forest Science*, 53(12): 538-547.
- Subedi, T., Bhandari, S.K., Pandey, N., Timilsina, Y.P., Mahatara, D., 2021. Form factor and volume equations for individual trees of *Shorea robusta* in Western low land of Nepal. *Australian Journal of Forest Research*, 138(3): 143-166.
- Suga, H., Inoue, A., Kitahara, F., 2011. Derivation of two-way volume equation for bamboo, *Phyllostachys pubescens*. *Journal of Forest Research*, 16: 261-267.
- Van Laar, A., Akça, A., 2007. *Forest Mensuration*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- West, P.W., 2009. *Tree and Forest Measurement (3rd Edition)*. Springer, Berlin, Germany.
- Yavuz, H., 1988. Hasılat tablosu düzenlenmesinde normalite kontrolü ve bonitetlemenin bilgisayar yardımıyla çözümü. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Natural plants of the Sandras Mountain (Köyceğiz-Muğla) traditionally employed for therapeutic purposes

Kenan Akbaş^{a,*} , Merve Çıtakoğlu^a , Serhat Davran^a 

Abstract: This study was carried out between 2022 and 2023 in Yayla, Çayhisar, Sazak and Otmanlar neighborhoods located at the foothills of Sandras Mountain (Köyceğiz-Muğla). The main material of the study consists of plants determined as a result of surveys conducted with people living in these neighborhoods. A total of 73 people were interviewed in the survey. 41 of them are men and 32 are women. As a result of the interviews, it was determined that the local people benefit from 46 plant taxa growing naturally in the environment for therapeutic purposes. Among all plants evaluated; *Salvia fruticosa* Mill. and *Origanum onites* L. are seen as the most preferred by the local people. They use these plants through infusion in village coffeehouses and homes.

Keywords: Ethnobotany, Muğla, Natural plants, Traditional medicine

Sandras Dağı'nın (Köyceğiz-Muğla) geleneksel olarak tedavi amaçlı kullanılan doğal bitkileri

Özet: Bu çalışma 2022-2023 yılları arasında Sandras Dağı (Köyceğiz-Muğla) eteklerinde yer alan Yayla, Çayhisar, Sazak ve Otmanlar mahallelerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın ana materyalini bu mahallelerde yaşayan insanlarla yapılan anketler sonucunda belirlenen bitkiler oluşturmaktadır. Anket çalışması için toplam 73 kişiyle görüşüldü; bunların 41'i erkek, 32'si kadındır. Yapılan görüşmeler sonucunda yöre halkının çevrede doğal olarak yetişen 46 bitki taksonundan tedavi amaçlı yararlandığı belirlenmiştir. Değerlendirilen tüm bitkiler arasında; *Salvia fruticosa* Mill. ve *Origanum onites* L. yöre halkının en çok tercih ettiği türler olarak görülmektedir. Bu bitkiler köy kahvelerinde ve evlerde, infüzyon yoluyla kullanılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Etnobotanik, Muğla, Doğal bitkiler, Geleneksel tıp

1. Introduction

Plants have been used for healing purposes for centuries, and the intensity of their use has been increasing since ancient times. Medicines derived from herbal products form an important part of the traditions of rural people in developing countries. In times when modern medicine was not developed, people collected and used plants that grew naturally in nature (Berber et al., 2013). Plants have been used in the treatment of many diseases throughout human history, thanks to the specific or broadly effective compounds they contain. For this reason, approximately 3.5-4 billion of the world's population receives support from therapeutic plants. Most of the people, especially those living in rural areas, benefit from local plants in the treatment and prevention of diseases (Sargin, 2021). Local people use medicinal plants for many system diseases. Main; in cardiovascular diseases (blood pressure, cholesterol, blood thinners); in endocrine system disorders (such as goiter, diabetes); in urinary system diseases (kidney and urinary tract inflammations, prostate, sand and stone abortus); In respiratory system diseases such as lung diseases (asthma and bronchitis, breath-opening) and upper respiratory tract diseases (cold, flu, sore throat, cough); internal diseases such as stomach disorders (gastritis, reflux, ulcer); In digestive

system diseases such as intestinal diseases (abdominal pain, diarrhea, constipation); in dermatological diseases (wounds, burns); Plants are used in muscle and joint diseases (joint pain, rheumatism, arthritis) and cancer (Bak and Çifci, 2020).

Today, as in the past, we see that plants are used mostly for medicinal purposes. In addition, their use for food purposes also attracts attention. When we look at other uses of plants; the wood of some plants is used in furniture making, the construction industry, the paper industry, and to obtain substances such as glue and resin. Dyes are obtained from different parts of some plants such as roots, stems and flowers. Some plants, their trunks and branches are shaped to make items such as brooms, spoons, ladles, baskets, amulets and mats. Some of them are used to decorate parks, gardens and places. Plants are not only used in these ways; They are given various meanings and values specific to our culture, beliefs or place of residence. It is believed that some of them protect against the evil eye and bad events and bring good luck and abundance (Sayar et al., 1995).

When we look at the latest studies on our country's flora, there are approximately 12 000 plant taxa in species and subspecies categories. Approximately 1 000 of these plant taxa are used for therapeutic purposes (Yıldırım, 2004). Muğla is one of the leading regions of our country in terms of plant diversity, with approximately 1 500 taxa (Gül et al.,

✉ ^a Muğla Sıtkı Koçman University, Köyceğiz Vocational School, Department of Herbal and Animal Production, Köyceğiz, Muğla, Turkey

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): kenanakbas@mu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 24.10.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 09.01.2024



Citation (Atf): Akbaş, K., Çıtakoğlu, M., Davran, S., 2024. Natural plants of the Sandras Mountain (Köyceğiz-Muğla) traditionally employed for therapeutic purposes. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 32-40.
DOI: [10.18182/tjf.1380456](https://doi.org/10.18182/tjf.1380456)

2023). Therefore, many studies have been conducted to identify medicinal and aromatic plants in Muğla (Ertuğ, 2004; Kazan, 2007; Uysal, 2008; Gürdal and Kültür, 2013; Sağıroğlu et al., 2013; Sıcak et al., 2013; Akan et al., 2018, Kınal et al., 2021; Güneri et al., 2023).

With the ethnobotanical studies that have been carried out and will be carried out, it is tried to ensure that this traditional knowledge is preserved and transferred unchanged from generation to generation.

2. Material and methods

2.1. Research area

Sandras Mountain, which was determined as the research area, is located in Köyceğiz district of Muğla province. Four neighborhoods at the foothills of Sandras Mountain and its surroundings were determined as the study area. These

neighborhoods; Yayla (Ağla), Sazak, Çayhisar and Otmanlar. The dominant vegetation consists of Red Pine (*Pinus brutia* Ten.), Black Pine (*Pinus nigra* J.F.Arnold) and maquis communities. There are also phrygana communities settled in the area as a result of the destruction of maquis communities (Figure 1).

Traditions of local uses of plants inherited from the past cannot be kept alive due to developing medicine and industry. Information about the uses of plants is known by a limited number of people, and the number of these resource people is decreasing day by day.

With this study we carried out in four neighborhoods located on Sandras Mountain and its immediate surroundings in Köyceğiz district of Muğla province, it was determined for what purposes and in what way the local people living in the surrounding neighborhoods benefit from the medicinal plants found in the natural flora of the region.

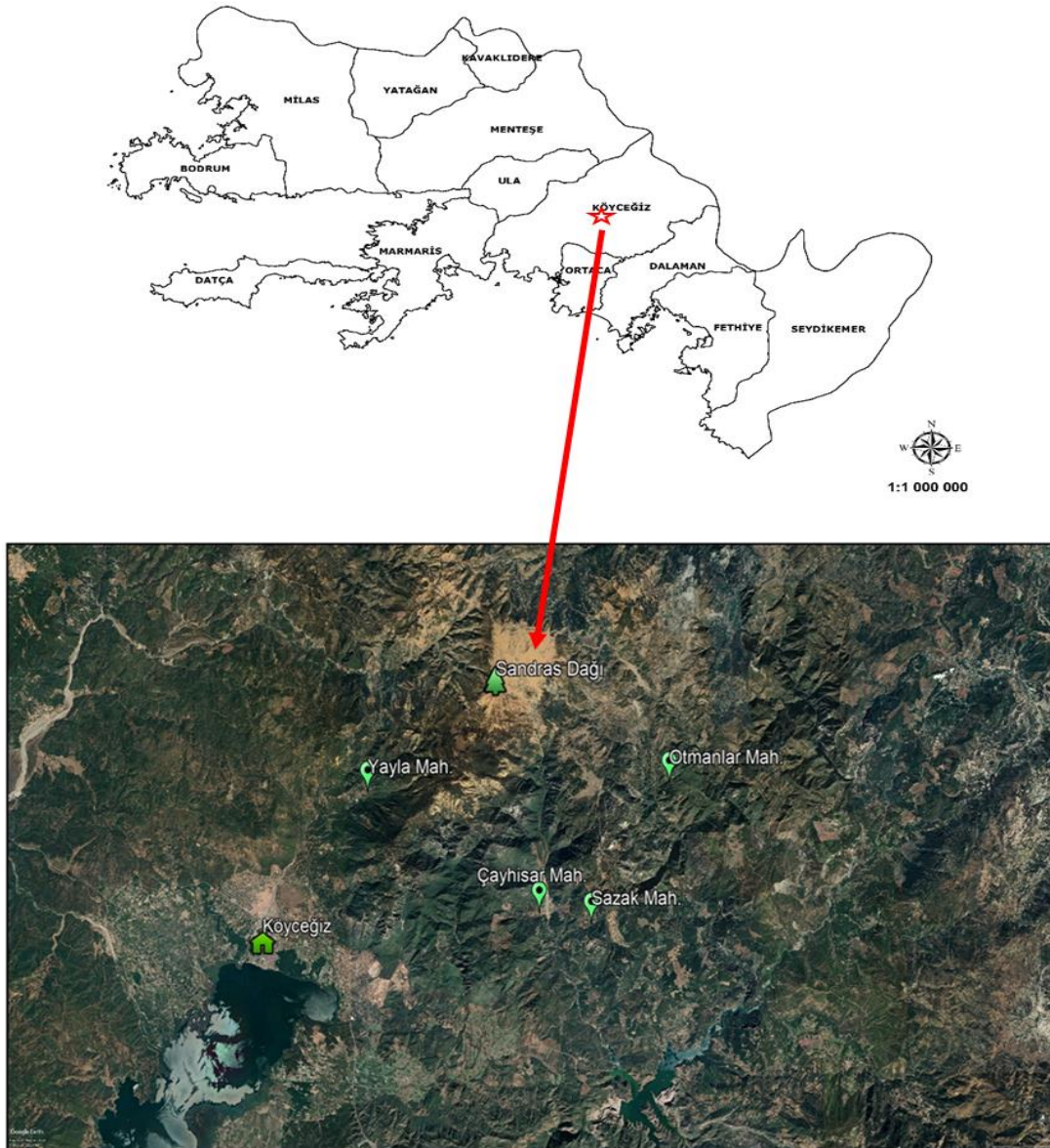


Figure 1. Satellite image of the study area

2.2. Survey study

Face to face interviews were held with people of different ages, cultures and educational backgrounds in order to determine the plant species with medicinal and aromatic values that grow naturally in the research area and how these plant species are used by the local people. The sample survey used in the interviews is given in "Appendix-A". Since the danger of the COVID-19 continued during the study, the decisions of the Provincial Hygiene Board regarding the application of the survey were strictly followed. The survey was carried out in open areas and the survey duration didn't exceed 10 minutes (Figure 2).

In addition to the questions asked in the content of the surveys, data such as the purpose and use of the plants used, the local name of the plant, the location where the plant sample was obtained, characteristics of the person surveyed such as age, gender, educational status and occupation information were also determined.

2.3. Field study

The plants whose use was determined as a result of the surveys were collected from their natural habitats, pressed, and herbarium samples were prepared, in accordance with the information received from the surveyed people, markets, herbalists, or local people, and it was determined which species they belonged to.

The materials we used in the field work for the plants to be collected from their natural areas as a result of the surveys; hoes and similar digging tools, altimeter for height measurement, bags of various sizes, press boards for pressing plants, compression belts, drying cardboards and papers, GPS and camera. During the field study, color pictures were taken to determine the vegetation types of the research area. These pictures were also used in naming the families and some genera of plants.

Plant samples were collected in the research area at different times and from different localities throughout the project. While collecting the plants, the characteristics required for determination were taken into consideration, and the points to be taken into consideration for each family and the parts that must be removed were collected without damaging them. Collected plant samples are recorded in the field notebook; It was recorded by writing down its number, date, morphological features, altitude where it was collected, locality and habitat features.



Figure 2. Survey study at Ağla (Yayla) neighborhood

2.4. Laboratory study

The plant samples, which were placed in separate bags in the field, were brought to the laboratory and pressed appropriately so that all parts could be examined easily during determination. Drying cartons were changed regularly to prevent the plants from rotting and infesting insects.

The collected and dried plant samples were classified first at the family level, then at the genus and species level. Trinocular light microscope, forceps, dissection needles and ruler were used to examine the samples. After these samples were separated into their families, Davis (1965-1988)'s work named "Flora of Turkey and the East Aegean Island" and the works named Illustrated Flora of Turkey Volume 2 and 3-a (Güner et al., 2018; Güner et al., 2022) was identified using. The work called "English-Turkish Botanical Guide" was also used to find the meanings of some Latin words (Baytop, 1998).

3. Result and discussion

A survey was conducted with 73 people in 4 neighborhoods included in the research area. In the survey study, 41 of the interviews were conducted with men and 32 with women. The proportion of men is slightly higher because the work is mostly done in public areas such as coffeehouses and squares (Figure 3).

Among the people interviewed, 21 people are between the ages of 21-40, 36 people are between the ages of 41-60, 12 people are between the ages of 61-80 and 4 people are between the ages of 81 and over. The rate of individuals over the age of 40 is 71% (Figure 4).

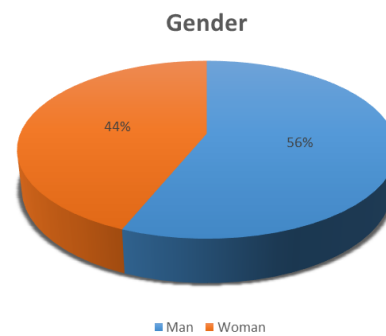


Figure 3. Gender distribution of survey participants

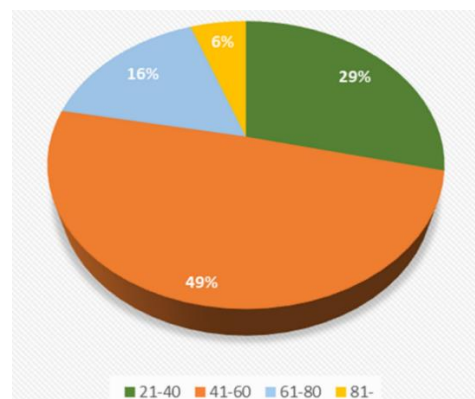


Figure 4. Age distribution of survey participants

Among the people interviewed, 8 people (11%) did not receive any education, 53 people (73%) were primary school graduates, 5 people were high school (7%) and 7 (9%) people were educated at university level (Figure 5).

As a result of surveys conducted with local people, 46 plant taxa were identified and 2 of these plants are endemic to Turkey; *Sideritis albiflora* Hub.-Mor. and *Teucrium sandrasicum* O. Schwarz (Appendix-B).

Plant families with the most taxa used by the local people are Lamiaceae; (13 taxa), Apiaceae (4 taxa), Asteraceae (2 taxa), Pinaceae (2 taxa) and Rosaceae (2 taxa) (Figure 6).

Consistent with our study, in other studies conducted in Muğla, the plant family with the most used taxa by the local people is Lamiaceae (Kazan, 2007; Uysal, 2008; Gürdal and Kültür, 2013; Sağıroğlu et al., 2013; Sıcak et al., 2013; Akan et al., 2018, Kıncal et al., 2021; Güneri et al., 2023). This is a natural consequence of the Lamiaceae family being the second largest family with the most taxa in our country and containing many species with medicinal value.

Origanum onites L. and *Salvia fruticosa* Mill. are often used to keep in the cold and in the stomach. Consistent with our study, in other studies conducted in Muğla, the plant taxon most used by local people is *Origanum onites* L. (Kazan, 2007; Uysal, 2008; Gürdal and Kültür, 2013; Sağıroğlu et al., 2013; Sıcak et al., 2013; Akan et al., 2018, Kıncal et al., 2021; Güneri et al., 2023). Similar uses have been reported from other regions of Turkey (Ertuğ, 2004; Honda et al., 1996; Tuzlacı, 2005; Uysal, 2008). At the same time, local people consume these plants daily in coffeehouses and homes.

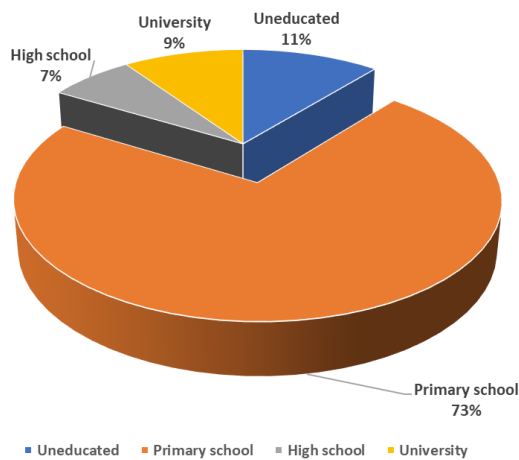


Figure 5. Educational status of survey participants

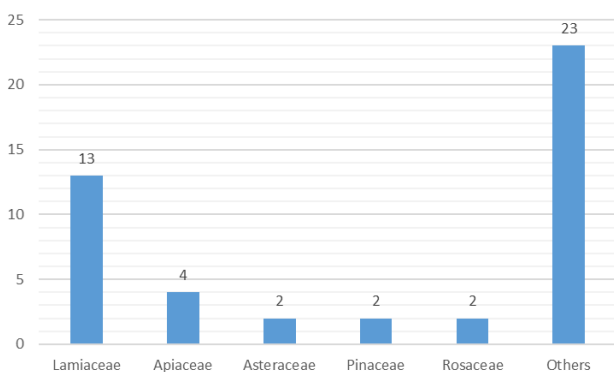


Figure 6. Plant families with the most taxa used for medicinal purposes in the Sandras mountain

One of the most used plants in the research area is *Sideritis libanotica* subsp. *linearis* (Benth.) Bormm. Local people use this plant for colds and stomach ache. Same uses of the it for stomach protection and colds are recorded in the literature (Fakir et al., 2009).

While the traditional uses of plants in the research area are significantly similar to other studies, information about the medicinal use of the *Teucrium sandrasicum* O. Schwarz taxon has been revealed for the first time. Local people prepare tea by infusion from the flower and leaf parts of this plant and use it for prostate and stomach pain (Figure 7).

4. Conclusions

Traditional uses of 46 plant taxa belonging to 27 families were revealed in the research area. Traditional uses in our study area were also compared with other ethnobotanical studies in our country.

Among all plants evaluated; *Salvia fruticosa* Mill. and *Origanum onites* L. are seen as the most preferred by the local people. They use these plants through infusion in village coffeehouses and homes. *Lavandula stoechas* L. subsp. *stoechas*, *Mentha pulegium* L., *Hypericum perforatum* subsp. *veronense* (Schrank) H.Linb., *Thymbra spicata* L. subsp. *spicata*, *Sideritis libanotica* subsp. *linearis* (Benth.) Bormm. is also widely used.

The most common preparation of plants among the local people is infusion and decoction. Other uses include; Chewing, external application, grinding into powder, adding to food, soaking in olive oil, poultice and poultice. Parts of plants used in treatment; leaves, flowers, seeds, fruits, resin, roots and bulbs.

Local use traditions of plants inherited from the past cannot be kept alive due to developing medicine and industry. The aim of ethnobotany is to bring to light information about the plants used by the people living in a certain region, the local names of these plants, the purposes for which they use the plants and the ways in which they are used.

With this study, information about the traditional uses of medicinal plants in the research region was revealed. As a result of our interviews with the local people, we see that plants are still widely used for medicinal purposes in their daily lives. However, we believe that there is a gradual loss of this traditional knowledge. Therefore, it is of great importance to transfer information about the traditions of these regions to written sources before they are lost.



Figure 7. *Teucrium sandrasicum* O. Schwarz

Acknowledgement

A part of this work was presented at the "5th International Non-Wood Forest Products Symposium". This study was supported by TÜBİTAK 2209-A University Students Research Projects Support Program with the project code "1919B012109764".

References

- Akan, H., Öz, A. ve Pekmez, H., 2018. Ortaca (Muğla) yöresinde halk arasında kullanılan bazı bitkiler. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(9): 1168-1174.
- Bak, F.E., Çifci, K., 2020. Artvin'in merkez köylerinde bazı tıbbi bitkilerin yöresel kullanımları. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2): 318-329.
- Baytop, T., 1998. İngilizce Türkçe Botanik Kılavuzu. Eczacılık Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Berber, İ., Avşar, C., Çine, N., Bozkurt, N., Elmas, E., 2013. Determination of antibacterial and antifungal activities of methanolic extracts of some plants growing in Sinop Karaelmas. *Science And Engineering Journal*, 3(1): 10-16.
- Davis, P.H., 1965-1985. *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. Vol. 1-9, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K., 1988. *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. Vol. 10 (suppl. 1), Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Ertuğ, F., 2004. Wild edible plants of the Bodrum area (Muğla, Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 28(1-2): 161-174.
- Fakir, H., Korkmaz, M., Güller, B., 2009. Medicinal plant diversity of western Mediterranean region in Turkey. *Journal of Applied Biological Sciences*, 3(2): 30-40.
- Gül, R., Akbaş, K., Elmas, B., Özdemir, R., Topçuoğlu, B., 2023. Muğla'nın Nadir ve Endemik Bitkileri. *Alternatif Yayıncılık*, İstanbul.
- Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Ekşi, G., Güner, I., Çimen, A.Ö., (edlr.) 2018. *Resimli Türkiye Florası*. Cilt 2. ANG Vakfı Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları, İstanbul.
- Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Çimen, A.Ö., Güner, I., Ekşi Bona, G., Şen Gökmen, F., (edlr.) 2022. *Resimli Türkiye Florası*. Cilt 3a. ANG Vakfı Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları, İstanbul.
- Güneri, E., Türkoğlu, T., Yıldıztekin, M., 2023. Köyceğiz-Dalyan özel çevre koruma bölgesinde geleneksel olarak kullanılan şifalı bitkilerin sürdürülebilirliğinin araştırılması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(1): 130-142.
- Gürdal, B., Kültür, Ş., 2013. An ethnobotanical study of medicinal plants in Marmaris (Muğla, Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, 146(1): 113-126.
- Honda, G., Yeşilada, E., Tabata, M., Sezik, E., Fujita, T., Takeda, Y., Takaishi, Y., Tanaka, T., 1996. Traditional medicine in Turkey VI. Folk medicine in west Anatolia: Afyon, Kütahya, Denizli, Muğla, Aydın provinces. *Journal of Ethnopharmacology*, 53(2): 75-87.
- Kazan, D., 2007. Ortaca (Muğla) ilçesinin etnobotaniği. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Muğla.
- Kıncal, S., Ceylan, O., Görk, G., 2021. Ethnobotanical features of Ula (Muğla/Turkey) district. *Biological Diversity and Conservation*, 14(1): 69-81.
- Sağiroğlu, M., Dalgıccedil, S., Toksoy, S., 2013. Medicinal plants used in Dalaman (Muğla), Turkey. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(28): 2053-2066.
- Sargın, S.A., 2021. Plants used against obesity in Turkish folk medicine: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 270, 113841.
- Sayar, A., Öztürk, M., Güvensen, A., Özdemir, F., 1995. Muğla (Türkiye) ilindeki bazı türlerin etnobotanik özellikleri. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 2(1): 151-160.
- Sıcak, Y., Çolak, Ö. F., İlhan, V., Sevindik, E., Alkan, N., 2013. Köyceğiz yöresinde halk arasında yaygın olarak kullanılan bazı tıbbi ve aromatik bitkiler. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2): 70-77.
- Tuzlacı, E., 2005. *Bodrum'da Bitkiler ve Yaşam*. Güzel Sanatlar Matbaası, İstanbul.
- Uysal, G., 2008. Köyceğiz (Muğla) ilçesinin etnobotaniği. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Muğla.
- Yıldırım, Ş., 2004. Etnobotanik ve Türk etnobotaniği. *Kekibeç*, 17: 175-193.

Appendix-A. Survey form used in the study.

The study titled " Natural Plants of The Sandras Mountain (Köyceğiz-Muğla) Traditionally Employed for Therapeutic Purposes" was planned by Merve ÇITAKOĞLU to determine the plant species with medicinal and aromatic values that are used by the local people living in the neighborhoods determined at the foothills of Sandras Mountain.

Participating in this research is on a voluntary basis. Even if you have started filling out the data collection form after agreeing to participate in the study, you can give up participating in the study if you do not want to. Filling out the form completely and sending it to the researcher means that you are willing to participate in the research.

All this information obtained from you will be used in a scientific research. The research results will not contain any name or sign to identify you. All records kept about you in this investigation will remain confidential. Therefore, it is of great importance that you answer all the questions accurately and completely.

The study form consists of 20 sections / questions. It will take approximately 10 minutes to complete the survey. If you have any questions about the study, you can contact the responsible researcher Merve ÇITAKOĞLU, whose contact information is given below, without hesitation. Thank you for your contribution to the world of science by sparing time for our study...

Responsible Investigator
Title, Name and Surname: Merve ÇITAKOĞLU
E-mail: zeynepceren2804@gmail.com

Person from whom information was received:				
Name-Surname				
Address:				
Age:				
Gender:				
Education Status:				
The plant used	Local name			
	Scientific name			
	Family			
Source from which the plant is obtained	Collection	Spice seller	Market	
Location or address where the plant was obtained				
Purpose of use of the plant				
Part used				
Explanation on usage				
What disease is it used against?				
Use of the plant	Solitary	Mixture		
Usage-preparation method	Direct			
	Infusion			
	Decocision			
	Mush			
	Moxibustion			
Other				
Explanation regarding preparation, if any				
How to use	Internally	Externally		
Usage time				
Dosage (how many times a day and in what quantity)				
From whom did she/he learn this information?	Family elders	Neighbor	Spice seller	Other
Other explanations, if any				


Appendix-B. Medicinal uses of plants in Sandras mountain (Köyceğiz, Muğla, Turkey).

Familia	Scientific name	Local name	Parts of plants used	Purpose of usage	Preparation
Anacardiaceae	<i>Pistacia terebinthus</i> L. subsp. <i>terebinthus</i>	Menengiç	Fruit	Cold	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Anacardiaceae	<i>Rhus coriaria</i> L.	Sumak	Fruit	Stomache ache	The fruits of the plant are ground into powder. It is consumed with honey or mixed with warm water.
Apiaceae	<i>Conium maculatum</i> L.	Baldıran otu	Aerial parts	Pain and spasm relief	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Apiaceae	<i>Ferula communis</i> L. subsp. <i>communis</i>	Çakşır otu	Flowers and pedicels	Calming the nerves and Sedative	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Apiaceae	<i>Pimpinella anisum</i> L.	Yabani anason	Leaves	Stomache ache	The leaves of the plant are chewed directly
Apiaceae	<i>Scandix pecten-venensis</i> L.	Dağ sırası otu	Aerial parts	Stomache ache	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Araceae	<i>Dracunculus vulgaris</i> Schott	Yılan bıçağı	Fruits	Hemorrhoid	The fruits of the plant are crushed until they reach a paste consistency and applied to the affected area.
Asteraceae	<i>Anthemis chia</i> L.	Papatya	Flowers	Sedative	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Asteraceae	<i>Helichrysum orientale</i> (L.) Gaertn.	Altın otu	Leaves	Passing kidney stones and sand, knee pain	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Berberidaceae	<i>Berberis cretica</i> L.	Karamuk	Roots	Cough	The herbal part is thrown into cold water and allowed to boil. After the water boils, it is left to brew for another 5 minutes. It is then filtered and drunk.
Brassicaceae	<i>Microthlaspi perfoliatum</i> (L.) F.K.Mey.	Akça otu	Flowers	Stomache ache, prostat	The herbal part is thrown into cold water and allowed to boil. After the water boils, it is left to brew for another 5 minutes. It is then filtered and drunk.
Cistaceae	<i>Cistus creticus</i> L.	Pamuklu	Leaves	Cough	The herbal part is thrown into cold water and allowed to boil. After the water boils, it is left to brew for another 5 minutes. It is then filtered and drunk.
Cornaceae	<i>Cornus mas</i> L.	Kızılcık	Fruits	Cold	Syrup is prepared by mixing the fruits of the plant with sugar and water.
Cucurbitaceae	<i>Ecballium elaterium</i> (L.) A.Rich.	Eşek hıyarı	Fruits	Alopesi	The fruits of the plant are sliced and applied to the area with ringworm.
Fagaceae	<i>Quercus coccifera</i> L.	Pıynar	Leaves	Diabete	The herbal part is thrown into cold water and allowed to boil. After the water boils, it is left to brew for another 5 minutes. It is then filtered and drunk.
Hypericaceae	<i>Hypericum perforatum</i> subsp. <i>veronense</i> (Schränk) H.Linb.	Kantaron	Oil is prepared with flowers and leaves	Ulcer, Hemorrhoid and wound treatment	St. John's wort flowers are placed in a bottle and enough olive oil is added to cover the plant. The oil, which is kept in the sun for about 1 month, becomes ready for use after it turns red.
Lamiaceae	<i>Lavandula stoechas</i> L. subsp. <i>stoechas</i>	Karabaş otu	Flowers and leaves	Cardiovascular diseases	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Lamiaceae	<i>Melissa officinalis</i> L. subsp. <i>officinalis</i>	Oğul otu	Flowers and leaves	Sore throat	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Lamiaceae	<i>Mentha pulegium</i> L.	Yarpuz (narpuz)	Flowers and leaves	Cold, Stomache ache	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Lamiaceae	<i>Origanum onites</i> L.	İzmir kekiği	Flowers and leaves	Cold, Stomache ache and indigestion	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Lamiaceae	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Biberiye	Flowers and leaves	Stomache ache	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Lamiaceae	<i>Salvia fruticosa</i> Mill.	Adaçayı	Flowers and leaves	Cold, Stomache ache	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.

Lamiaceae	<i>Sideritis albiflora</i> Hub.-Mor. Endemic	Akçay	Flowers and leaves	Liver and intestinal disorders, Cold	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Lamiaceae	<i>Sideritis libanotica</i> subsp. <i>linearis</i> (Benth.) Bormm.	Dağ çayı	Flowers and leaves	Cold, Stomache ache	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Lamiaceae	<i>Teucrium divaricatum</i> Sieber subsp. <i>divaricatum</i>	Bodur mahmut	Flowers and leaves ^a , Leaves ^b	Cough, Sore throat ^a , Stomache ache ^b	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk ^a , The leaves of the plant are chewed directly ^b
Lamiaceae	<i>Teucrium polium</i> L. subsp. <i>polium</i>	Acı yavşan	Flowers and leaves	Stomache ache	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Lamiaceae	<i>Teucrium sandrasicum</i> O. Schwarz, Endemic	Akçaotu	Flowers and leaves	Stomache ache	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Lamiaceae	<i>Thymbra spicata</i> L. subsp. <i>spicata</i>	Karakekik, Zahter, Eşek kekiği	Flowers and leaves	Stomache ache, Cold	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Lamiaceae	<i>Vitex agnus-castus</i> L.	Hayıt	Seeds	Diarrhea, Stomache ache, urinary burning	The herbal part is thrown into cold water and allowed to boil. After the water boils, it is left to brew for another 5 minutes. It is then filtered and drunk.
Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i> L.	Ebe gümece	Leaves	Stomache ache	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Moraceae	<i>Ficus carica</i> L. subsp. <i>carica</i>	İncir	Leaves	Snake and Scorpion bite	The leaves of the plant are boiled and turned into porridge and applied to the bite area.
Myrtaceae	<i>Myrtus communis</i> L. subsp. <i>communis</i>	Mersin	Yaprakları ^a , Fruits and leaves ^b	Asthma- bronchitis ^a , Eye pain ^b	Tincture is made by keeping the leaves of the plant in alcohol or vinegar for a while ^a , It is consumed raw ^b
Oleaceae	<i>Olea europaea</i> L. subsp. <i>europaea</i>	Zeytin	Leaves	Diabetes	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Onagraceae	<i>Epilobium angustifolium</i> L.	Yakı otu	Leaves	Stomache ache, headache	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Pinaceae	<i>Pinus brutia</i> Ten. var. <i>brutia</i>	Kızılçam	Resin, Fresh shoots	Wound treatment ^a , Joint pain ^b	Pine resin is applied directly to the injured area ^a , The cone is crushed and boiled with water to make the decoction. It is prepared and consumed as tea ^b
Pinaceae	<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe	Çam	Tar	Aches and pains	The tar obtained from its resin is applied directly to the painful area 1-2 times a day. The decoction prepared by crushing and boiling pine cones is consumed by drinking 1 tea glass in the morning and evening until the discomfort disappears.
Platanaceae	<i>Platanus orientalis</i> L.	Çınar	Leaves	Arthritis	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i> L.	Labada	Seeds	Diarrhea	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Rosaceae	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq. var. <i>monogyna</i>	Alıç	Fruits	Neck hernia	The herbal part is thrown into cold water and allowed to boil. After the water boils, it is left to brew for another 5 minutes. It is then filtered and drunk
Rosaceae	<i>Rosa canina</i> L.	Kuşburnu	Fruits	Foot pain ^a , vitamin C supplement ^b	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk ^a , The herbal part is thrown into cold water and allowed to boil. After the water boils, it is left to brew for another 5 minutes. It is then filtered and drunk ^b

Rubiaceae	<i>Galium aparine</i> L.	Epirci, yavşak otu	Flowers and leaves	Blood pressure, Diabete	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Santalaceae	<i>Viscum album</i> L. subsp. album	Ökse otu	Flowers and leaves	Cough and Cold	The herbal part is thrown into cold water and allowed to boil. After the water boils, it is left to brew for another 5 minutes. It is then filtered and drunk
Scrophulariaceae	<i>Verbascum</i> sp.	Sığır kuyruğu	Flowers and leaves	Wart	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.
Urticaceae	<i>Urtica membranacea</i> Poiret ex Savigny	Isırgan	Seeds	Stomache ache	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk or The seeds of the plant are boiled and consumed directly by adding them to meals.
Xanthorrhoeaceae	<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.	Çiriş	Bulbs	Stomach bleeding	The herbal part is thrown into cold water and allowed to boil. After the water boils, it is left to brew for another 5 minutes. It is then filtered and drunk
Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L.	Çoban çökerten	Aerial parts	Blood pressureon	The herbal part is thrown into boiling water and left to brew for 5 minutes on low heat. It is then filtered and drunk.

A comparison of photosynthetic gas exchange parameters measured under in situ and in vitro conditions in *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and *Pinus brutia* trees

Esra Bayar^{a,*} , Mehmet Said Özçelik^a 

Abstract: This study was conducted to compare the results of in situ and in vitro methods that can be used for measuring gas exchange parameters in two pine species. The study was carried out in a mixed *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb). Holmboe and *Pinus brutia* Ten. plantation in Kemer/Burdur, which has a semi-arid climate type located in the Western Mediterranean Region of Türkiye. In the first method, gas exchange parameters (net photosynthetic rate- A_{net} , stomatal conductance- g_s , and transpiration rate-E) were measured directly on the tree using a mobile scaffold to reach to the tree canopy (in situ conditions). In the second method, branches were cut at approximately 50 cm and gas exchange parameters were determined in the same needles after the branch was immediately submerged in water (in vitro conditions). Measurements were taken between June and October 2022. Student's t-test was conducted to compare the results of in situ and in vitro photosynthesis measurement methods. No statistically significant differences were found between the results of the compared methods in terms of gas exchange parameters for both species. The results of the study showed that in vitro measurements of photosynthesis can be preferred to in situ measurements of photosynthesis in *P. nigra* and *P. brutia* under field conditions where access to the canopy of tall trees is not possible.

Keywords: Anatolian black pine, Branch cutting, Gas exchange, In situ measurement, Mediterranean forest, Turkish red pine

Pinus nigra subsp. *pallasiana* ve *Pinus brutia* ağaçlarında in vitro ve in situ koşullarda ölçülen fotosentetik gaz değişim parametrelerinin karşılaştırılması

Özet: Bu çalışma, iki çam türünde gaz değişim parametrelerini belirlemede kullanılabilecek in situ ve in vitro metodların sonuçlarının karşılaştırılması amacıyla yapılmıştır. Çalışma, Türkiye'nin Batı Akdeniz Bölgesi'nde yer alan yarı kurak iklim tipine sahip Kemer/Burdur orman alanındaki *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb). Holmboe ve *Pinus brutia* Ten. karışık plantasyon sahasında gerçekleştirilmiştir. Birinci yöntem olarak her iki türde gaz değişim parametreleri (net fotosentez hızı- A_{net} , stoma iletkenliği- g_s ve terleme oranı-E) kurulan bir iskele yardımıyla doğrudan ağaç üzerinde ölçülmüştür (in situ koşulları temsilen). İkinci yöntemde, ölçüm yapılan ibrelerin bulunduğu dallar yaklaşık 50 cm'den kesilip suya daldırılarak aynı ibreler üzerinde gaz değişim parametreleri belirlenmiştir (in vitro koşulları temsilen). Çalışma 2022 yılının Haziran-Ekim ayları arasında gerçekleştirilmiştir. In situ ve in vitro fotosentez ölçüm yöntemlerinin sonuçlarını karşılaştırmak için Student t testi uygulanmıştır. Örneklem günlerinde, iki türde de gaz değişim parametreleri bakımından uygulanan metodların sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Çalışma sonuçları, boylu ağaçların dallarına erişimin mümkün olmadığı arazi koşullarında *P. nigra* ve *P. brutia* türlerinde in situ fotosentez ölçümleri yerine in vitro fotosentez ölçümlerinin tercih edilebileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Anadolu karaçamı, Dal kesme, Gaz değişimi, Yerinde ölçüm, Akdeniz Ormanları, Kızılcıçam

1. Introduction

Photosynthesis is the main source of oxygen, food and energy on earth that provides sustainability of life; therefore, it is one of the most important bio-chemical processes (Flügge et al., 2016; Yin et al., 2022). During photosynthesis, higher plants convert sunlight energy to chemical energy via fixing CO₂ and releasing O₂ while coping with water loss (Millan-Almaraz et al., 2009). Due to its role in ecosystem functioning, research on photosynthesis has been of interest for more than 350 years (Huzisige and Ke, 1993). Up to date photosynthesis continues to be measured by researchers for various purposes such as plant growth, biomass allocation,

species competition, ecosystem functioning and climate change mitigation (Field et al., 1989; Saxe, 1991; Hättenschwiler and Körner, 1997; Karnosky et al., 2003; Nunes et al., 2020; Sazeides et al., 2021; Schönbeck et al., 2022).

Several types of methods are available to measure or estimate gas exchange parameters at different plant levels, from leaves to entire stands (Hunt, 2003; Millan-Almaraz et al., 2009; Siebers et al., 2021). Measuring leaf gas exchange in situ conditions, where the petiole of the leaf is attached to the branch, is of crucial importance in the analysis of photosynthetic processes in plants among all methods (Gauthier and Jacobs, 2018). All commercially available

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

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): esrabayar@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 14.12.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 14.03.2023



Citation (Atf): Bayar, E., Özçelik, M.S., 2024. A comparison of photosynthetic gas exchange parameters measured under in situ and in vitro conditions in *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* and *Pinus brutia* trees. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 41-48.
DOI: [10.18182/tjf.1404940](https://doi.org/10.18182/tjf.1404940)

portable photosynthesis measurement systems use a similar operating method, enclosing a part of the leaf or entire leaf in a chamber or cuvette (Haworth et al., 2018). Many studies have been conducted in which gas exchange parameters (net photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate) have been measured in seedlings under in situ conditions (Jafarnia et al., 2018; Deligöz and Bayar, 2021; Koç and Nzokou, 2023). Gas exchange measurements are relatively easy to obtain in seedlings because leaves are easily accessible compared to mature trees (Gauthier and Jacobs, 2018). However, for tall trees, in situ measurements usually require building up a permanent or a mobile elevated platform such as a ladder, a lift, or a scaffold to ensure that the portable photosynthesis measurement system remains stable during the measurement (Loewenstein and Pallardy, 1998; Gauthier and Jacobs, 2010; Gauthier and Jacobs, 2018; Bayar and Deligöz, 2020; Akalusi et al., 2021). It is difficult to carry an elevated mobile platform, especially in forest areas with steep slopes, rough or rocky terrain, or when branches that allow measurement exceed the platform's maximum height. In addition, such efforts may limit the sample size, can be time consuming and require more advanced security equipment for researchers (Gauthier and Jacobs, 2018; Akalusi et al., 2021). Therefore, researchers conducted different methods to eliminate the effect of unfavourable terrain conditions during photosynthesis measurements, i.e., branch beveling, leaf detaching, cracking, splitting, and girdling (Tang and Wang, 2011; Gauthier and Jacobs, 2018; Meng et al., 2019).

In this study, we chose an in vitro method that is currently used in field conditions and has been tested on various species in previous studies (Miyazawa et al., 2011; Tang and Wang, 2011; Meng et al., 2019; Verryckt et al., 2020; Akalusi et al., 2021). In this method, the piece of the branch containing the leaves to be measured is cut off from the tree with a sharp scissors, submerged into water without wasting any time, then it is once more cut under water to prevent cavitation (Koike, 1986; Pérez-Harguindeguy et al., 2013; Verryckt et al., 2020). There is still lack of information in the literature about whether in vitro measurements of photosynthesis can be conducted in pine trees. Therefore, comparing in situ and in vitro measurements of photosynthesis has become necessary for forested areas of the Mediterranean Region of Türkiye, where accessing the canopy of tall trees is a challenge and carrying a height adjustable platform is not reasonable due to unfavourable field conditions i.e. steep slopes, diverse topography, and rocky terrain.

The most common and ecologically important pine species of Türkiye, *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb). Holmboe (Anatolian black pine) and *Pinus brutia* Ten (Turkish pine) (Atalay, 2002) has been selected as research materials in the study. Moreover, these two species totally cover almost 45% of the forested areas of Türkiye (General Directorate of Forestry, 2022). The study aims (I) to compare the results of the gas exchange parameters measured under in situ and in vitro conditions in *P. nigra* and *P. brutia* trees and (II) to test if it is possible to use in vitro measurements especially in forests where carrying a platform is impractical. We hypothesized that there would be no statistically significant difference between the two methods in *P. nigra* and *P. brutia* growing under semiarid climate conditions.

2. Material and methods

2.1. Location of the study site and environmental conditions

The study site is located in Kemer/Burdur forest district in the western Mediterranean region of Türkiye (37° 21' N, 30° 8' E; Figure 1). The forest stand is a mixed *P. nigra*-*P. brutia* plantation established in 1991 and the seedlings of both species were obtained from Gölhisar Forest Nursery. The height of both *P. nigra* and *P. brutia* trees were approximately 10 m, and the diameter at breast height varied between 23.90 cm ± 1.44 cm and 26.20 cm ± 2.17 cm for *P. nigra* and *P. brutia* trees, respectively.

According to the nearest meteorology station (Tefenni) that provides 20 years of climate data, the study area has semi-arid characteristics in the Erinc climate index. Consistent with long-term climate data, the annual total precipitation in 2022 was recorded as 331.40 mm, and the average annual temperature and average annual relative humidity were recorded as 12.40 °C and 59.90%, respectively.

Soil water content was determined according to the gravimetric method monthly between June and October at fifteen locations randomly selected for homogeneous representation of the study site. Soil samples were taken from a depth of 0-20 cm and placed in sealed glass jars to prevent loss of soil moisture through evaporation. They were brought to the laboratory as soon as possible and their moist weight was determined on a 0.01 g precision balance. After that, the samples were placed in the oven and dried at 105°C for 24 hours. Soil water content was determined according to the ratio of the dry weight and wet weight records.

2.2. Experimental design

Ten individuals from each species were randomly selected. In selecting sample trees, care was taken to ensure that they were of similar diameter and height, had smooth trunks, were healthy, had no damage to their canopy, and had no visible disease. Measurements were always taken from the south-facing branches of the same sample trees approximately at the same height. Two different methods were applied to determine gas exchange parameters. In the first method: the gas exchange parameters were measured directly on the selected branch of each tree by using a mobile scaffold to reach to the canopy (Figure 2a). The measured needles were marked with a permanent ink pen after the measurement. In the second method, the piece of branch carrying the marked needles was cut to a length of approximately 50 cm from the apex with a sharp scissors. To prevent air insertion into the xylem vessels and damaging water absorption by causing cavitation, the cut branches were immediately immersed in water and their ends (approximately 5 cm) were cut again under water (Figure 2b) as recommended in previous studies (Miyazawa et al., 2011; Verryckt et al., 2020; Missik et al., 2021). Then, the same needles (marked) were placed in the chamber of a portable photosynthesis device and gas exchange parameters were measured again. The first method was referred as 'in situ' for the measurements made directly on the tree, and the second method, which was measured by cutting the branch, was referred as 'in vitro' in this study. The study period covered June to October 2022 and measurements were repeated at least once a month.

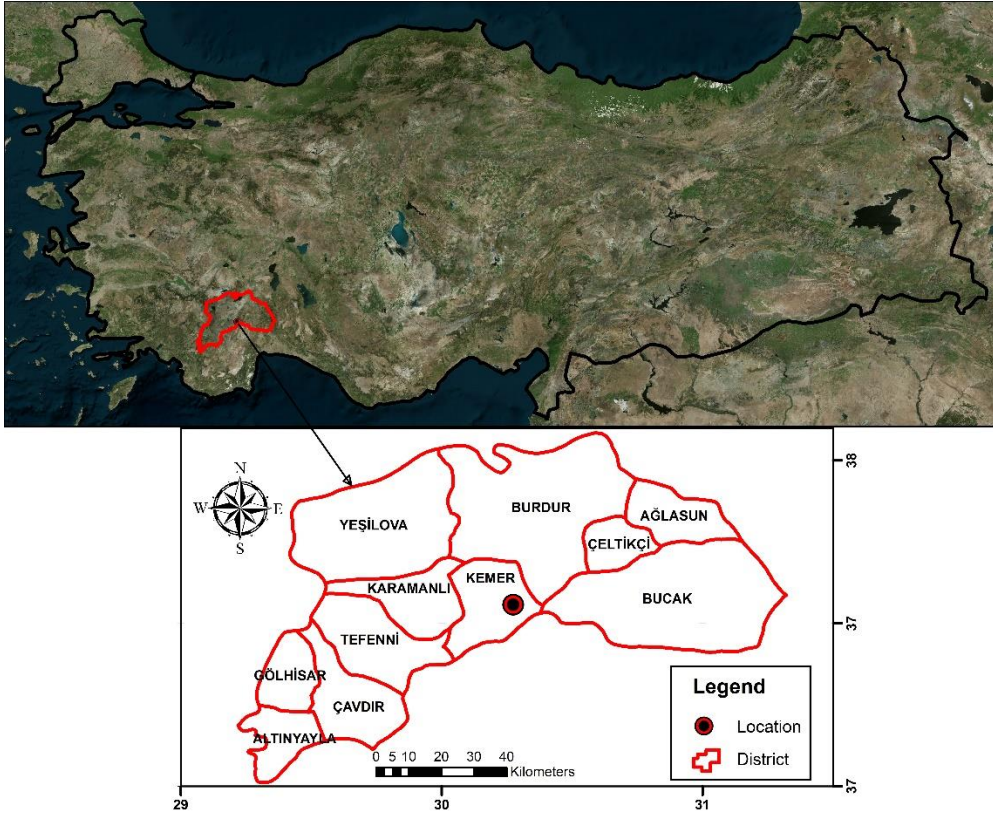


Figure 1. Location of the study site



Figure 2. Measurement of gas exchange parameters by a) in-situ method and b) in-vitro method

2.3. Gas-exchange measurements

Gas exchange measurements were carried out on clear days to minimise the effects of radiation. A portable photosynthesis measurement device, LI-6400XT (Lincoln, USA) was used for leaf-level gas exchange measurements. All measurements were completed between 09:00-16:00 o'clock with a 6 cm² chamber and an attached light source (6400-02B-red/blue/light). The calibration was performed as recommended by the producer for field conditions. Light

curve was measured in the field and the photosynthesis photon flux density (PPFD) was determined. The PPFD, air flow rate, and reference CO₂ were set and held automatically at 1300 μmol m⁻² s⁻¹, 500 μmol s⁻¹ and 400 ppm, respectively. The leaf temperature is set depending on the air temperature during the measurement. From a south-facing branch of ten trees, sun exposed and fully developed five needles of one-year-old shoots were randomly selected and the needles were ordered in the cuvette in a flat plane without overlapping each other. Net photosynthetic rate (A_{net} , μmol CO₂ m⁻² s⁻¹),

stomatal conductance (g_s , mol H₂O m⁻² s⁻¹) and transpiration rate (E , mmol H₂O m⁻² s⁻¹) were recorded on the device when they became stable (after 5 minutes on average) and they determined using the needle's total surface area (Svenson and Davies, 1992).

2.4. Statistical analyses

The statistical evaluation of the recorded data was performed with SPSS 25.0 Windows package programme. Initially, normality of error and homogeneity of variance were checked. Differences between the two applied methods were analysed with Student's t test separately both for the two species (*P. nigra* and *P. brutia*) and the gas exchange parameters (A_{net} , g_s , E). The data are presented as mean and standard error of the mean in two methods for both species.

3. Results

Total monthly precipitation during the sampling dates varied between 1.2 mm and 29.3 mm. Total precipitation was 58.40 mm during the summer period. Soil water content ranged from 8.70 % to 11.17 % (Figure 3). The average temperature values between 09:00 and 16:00 hours on the measurement days were recorded as 21.4 °C in June, 29.2 °C in July, 28.1 °C and 28.9 °C in August, 27.1 °C in September and 20.6 °C in October. Average relative humidity between

measured hours was 62.4% in June, 19.8% in July, 52.0% and 28.6% in August, 19.7% in September and 41.6% in October.

As shown in Table 1 and 2, there was no statistically significant difference between in situ and in vitro measurements in the gas exchange parameters according to sampling dates in *P. nigra* trees at 95% confidence level. During all sampling dates, the results for A_{net} , g_s , and E were similar for both the in situ and in vitro measurements. According to the results gas exchange parameters were higher in early June, they decreased during the summer and slightly increased again in the fall (Figure 4a).

The in vitro A_{net} , g_s and E values of *P. brutia* samples were not significantly different from the in situ A_{net} , g_s , and E values (Table 1). A similar seasonal variation in the gas exchange parameters of *P. brutia* was determined as in *P. nigra* (Figure 4b).

Although A_{net} values were slightly higher in vitro measurements in general, they were not statistically significant. While the in situ net photosynthetic rate of *P. nigra* in June was 10.12 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ and in vitro A_{net} was 10.45 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, these values decreased in August and recorded as 3.22 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ and 3.37 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Similarly, while the in situ net photosynthetic rate of *P. brutia* in June was 10.37 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ and in vitro A_{net} 9.70 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, it was determined as 3.61 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ and 3.94 in August, respectively (Table 1 and Table 2).

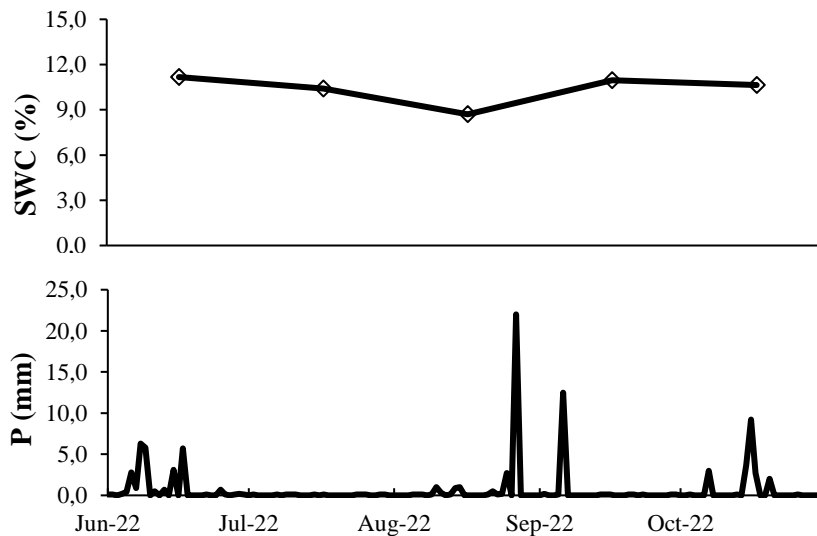


Figure 3. Temporal pattern in soil water content (SWC) and total precipitation (P) during the study period at the study site

Table 1. Comparison of gas exchange parameters in situ and in vitro methods (A_{net} : net photosynthetic rate, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; g_s : stomatal conductance, mol H₂O m⁻² s⁻¹) and transpiration rates (E , mmol H₂O m⁻² s⁻¹) in *P. nigra*

Gas exchange parameters	Methods	Sampling dates					
		07.06.2022	06.07.2022	09.08.2022	23.08.2022	15.09.2022	12.10.2022
A_{net}	In situ	10.12(0.25) ^a	4.94(0.63) ^a	3.87(0.22) ^a	3.22(0.25) ^a	3.31(0.51) ^a	4.91(0.38) ^a
	In vitro	10.45(0.14) ^a	5.69(0.48) ^a	4.35(0.29) ^a	3.37(0.24) ^a	3.79(0.44) ^a	5.33(0.34) ^a
g_s	In situ	0.10(0.00) ^a	0.04(0.00) ^a	0.03(0.00) ^a	0.02(0.00) ^a	0.02(0.00) ^a	0.04(0.00) ^a
	In vitro	0.11(0.00) ^a	0.04(0.00) ^a	0.03(0.00) ^a	0.02(0.00) ^a	0.03(0.00) ^a	0.05(0.00) ^a
E	In situ	2.03(0.06) ^a	1.55(0.19) ^a	1.05(0.05) ^a	1.02(0.06) ^a	0.80(0.10) ^a	0.92(0.06) ^a
	In vitro	2.07(0.05) ^a	1.78(0.19) ^a	1.15(0.06) ^a	1.17(0.06) ^a	1.08(0.10) ^a	1.04(0.07) ^a

The same superscript letters in the same line indicate there are not significant differences ($p > 0.05$). Mean and the standard error values of the measured gas exchange parameters in *P. nigra* samples ($n=10$).

Table 2. Comparison of gas exchange parameters measured in situ and in vitro methods (A_{net} : net photosynthetic rate, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; g_s : stomatal conductance, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) and transpiration rates (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) in *P. brutia*

Gas exchange parameters	Methods	Sampling dates					
		07.06.2022	06.07.2022	09.08.2022	23.08.2022	15.09.2022	12.10.2022
A_{net}	In situ	10.37(0.42) ^a	6.59(0.57) ^a	4.53(0.55) ^a	3.61(0.17) ^a	4.12(0.44) ^a	4.84(0.24) ^a
	In vitro	9.70(0.38) ^a	6.77(0.30) ^a	5.09(0.51) ^a	3.94(0.16) ^a	4.40(0.51) ^a	5.20(0.19) ^a
g_s	In situ	0.12(0.01) ^a	0.05(0.00) ^a	0.04(0.00) ^a	0.03(0.03) ^a	0.02(0.00) ^a	0.04(0.00) ^a
	In vitro	0.12(0.01) ^a	0.06(0.00) ^a	0.04(0.00) ^a	0.02(0.03) ^a	0.03(0.00) ^a	0.04(0.00) ^a
E	In situ	2.39(0.12) ^a	2.16(0.13) ^a	1.46(0.13) ^a	1.22(0.04) ^a	0.96(0.10) ^a	1.08(0.04) ^a
	In vitro	2.44(0.12) ^a	2.33(0.20) ^a	1.55(0.26) ^a	1.17(0.04) ^a	1.06(0.13) ^a	1.17(0.05) ^a

The same superscript letters in the same line indicate there are not significant differences ($p > 0.05$). Mean and standard error values of the measured gas exchange parameters in *P. brutia* samples ($n=10$).

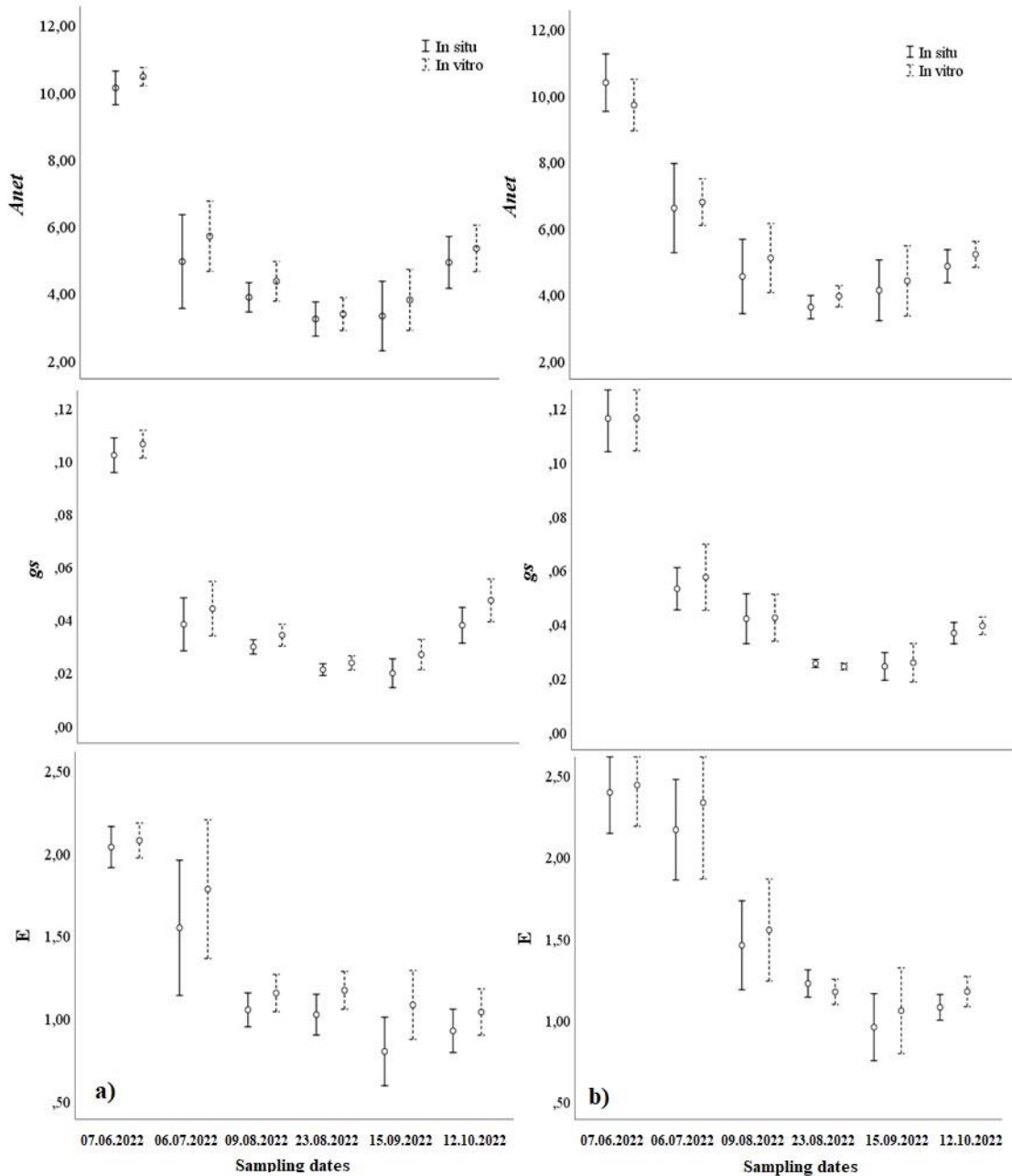


Figure 4. Variation of gas exchange parameters (A_{net} : net photosynthetic rate, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; g_s : stomatal conductance, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) and transpiration rates (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) according to the method applied (solid line: in situ; dashed line: in vitro) during the study period in a) *P. nigra* b) *P. brutia*.

4. Discussions and conclusions

Studies on gas exchange measurements facilitate the understanding of the response of trees to changes in environmental conditions (Shinde et al., 2018; Gauthier and Jacobs, 2018). In this regard, it is also important to know the details of the measurement methods used to obtain the gas exchange parameters. In this study, we focused on comparing the results of in situ and in vitro photosynthesis measurements in *P. nigra* and *P. brutia* growing under semi-arid climate conditions in Burdur province of Türkiye.

According to the results, no statistically significant difference was found in net photosynthetic rate, stomatal conductance, and transpiration rate between in situ and in vitro measurements (Table 1 and 2) for both tree species. Seasonality, sampling dates and soil water content did not alter the results between in situ and in vitro methods on gas exchange parameters. The results of the study are consistent with the results of previous research where branch excision had no significant effect on A_{net} in various tree species (Miyazawa et al., 2011; Verryckt et al., 2020; Akalusi et al., 2021). After branch excision and re-cut under distilled water, Miyazawa et al. (2011) found that gas exchange rates and stomatal control of the excised leaves in response to environmental conditions did not change in *Lithocarpus edulis* Nakai trees. Akalusi et al. (2021) compared photosynthetic parameters and stomatal conductance in attached and detached foliage of *Abies balsamea* (L.) Mill. trees and they did not observe a significant effect of branch detachment on the results. Verryckt et al. (2020) measured leaf net photosynthetic rate on intact and cut branches in seven tree species from *Malvaceae*, *Burceraceae*, *Lecythidaceae* and *Fabaceae* families. They concluded that the branch cutting method was practical when the branch was re-cut under water and the leaves were given sufficient time to acclimate to the new environmental conditions. On the other hand, there are also reports indicating that the net photosynthetic rate significantly decreased after branch detachment (Santiago and Mulkey, 2003; Gauthier and Jacobs, 2018; Missik et al., 2021). Santiago and Mulkey (2003) reported a significant reduction in net CO₂ assimilation rates ranging from 14% - 87% for ten species from nine families. Similarly, Gauthier and Jacobs (2018) observed a sharp decrease in net photosynthesis (41% - 74%) within ten minutes after cutting the branches in *Quercus rubra*, *Q. alba* and *Juglans nigra* trees. Missik et al. (2021) also stated that branch excision immediately reduced photosynthesis and stomatal conductance by 27% to 62% in *Q. alba* L., *Acer saccharum* Marsh. and *Liriodendron tulipifera* L. trees.

One of the reasons that the results of photosynthesis measurements conducted on the intact branches and excised branches vary depending on the species could be the differences in the length of the vessels, therefore it is recommended cutting branches much longer than the species-specific vessel lengths (Missik et al., 2021). Another reason could be the isohydric or anisohydric behaviour of the species, since isohydric species tend to close their stomata in mild water stress and limiting their photosynthesis capacity whereas anisohydric species tend to maintain their photosynthetic activity under water stress conditions (Aguadé et al., 2015). Moreover, it is reported that wood anatomy is also a factor that can affect the results of in vitro

measurements. Koike (1986) stated that the photosynthesis of diffuse porous trees can be easily measured by harvested shoots, whereas that of ring porous trees cannot be determined by the same method. Nevertheless, Tang and Wang (2011) found that in vitro photosynthesis measurements via cut shoots practicable for coniferous, diffuse porous and ring porous species.

Another possible factor affecting the results of in vitro photosynthesis measurements is the measurement time following the leaf detachment from the tree in case the leaves quickly lose their photosynthetic activity (Koike, 1986; Voronin and Fedoseeva, 2012; Gauthier and Jacobs, 2018; Akalusi et al., 2021). In this context, varying results from 3 minutes to 1 hour have been reported for various species by researchers. For example; Voronin and Fedoseeva (2012) observed that stomatal control of photosynthesis was retained within first 3-5 min after leaf excision in herbaceous and woody plants. Akalusi et al. (2021) reported that leaf gas exchange measurements can be obtained up to 30 minutes after leaf detachment in balsam fir. Koike (1986) found that leaf water supply and photosynthetic activity was effectively maintained for one hour following detachment of the leaves including both ring porous and diffuse porous tree species.

The main pursuance to pay attention to in all physical in vitro photosynthesis measurements is to ensure that water transport to the leaves continues at an adequate level after deteriorating in situ conditions. Thus, in order to eliminate the embolism effect that occurs when cutting a branch from a tree and to remove the embolized part of the branch, it is recommended to re-cut the cut branch under water before the leaf gas exchange measurements (Dang et al., 1997; Santiago and Mulkey, 2003; Verryckt et al., 2020; Missik et al., 2021). In this context, there are reports with bilateral results on whether re-cutting branches while the tension continues under water causes a significant decrease in hydraulic conductivity that can affect the gas exchange parameters or not. For instance, Wheeler et al. (2013) and Torres-Ruiz et al. (2015) emphasized that severing the branches even under water can still introduce embolism to the xylem that can affect the hydraulic conductivity. In response, Scoffoni and Sack (2015) and Venturas et al. (2015) reported that they could not determine an impact of such an artificial embolism on the xylem hydraulic conductance when the branches cut with native tension under the water. In our study, excising the branch and immediately re-cut with natural tension under water did not affect the net photosynthetic rate of the studied species. It is thought that the short length and narrow diameter of the tracheids, which provide water transmission in coniferous species, as well as the low water transmission rate, played an important role in obtaining this result (Akkemik, 2018).

Apart from the species-specific variations that affect the results of photosynthesis measurements in vitro conditions, differences in detail among the physical in vitro methods can also cause alteration in the results. For instance, Meng et al. (2019) compared several methods to find out the best method to measure photosynthesis in vitro conditions including "branch beveling" (the same method we applied in this study), cracking, splitting, girdling, and immersion in salicylic acid solution. According to the results of this research, it is proven that cracking has given the best results and the branch beveling underestimated net photosynthetic rate by values ranging from 9% to 65%. On the other hand, Tang and Wang (2011) indicated that girdling (instantly

inserting the twigs into water after detaching, girdle phloem about 3 cm from the cut and remove all leaves except the target ones) is a more feasible method than branch beveling for a variety of tree species. In this study we found that the in vitro measurements (cutting the branch, immediately immersing to the water and re-cut under the water) gave slightly higher results than in situ measurements in *P. nigra* and *P. brutia* species, however the differences between the results were not statistically significant.

Carrying out photosynthesis measurements in conditions where the land and the plants to be measured are convenient for in situ measurements ensure the most reliable results (Gauthier and Jacobs, 2018). However, in vitro photosynthesis measurements are needed, especially in tall trees where it is difficult to reach the branches and in areas where setting up or transporting a platform is not possible. The results of the study supported the initially established hypothesis and provided a practical, time and cost-effective methodology to measure gas exchange parameters in the most widespread pine species (*P. nigra* and *P. brutia*) of Türkiye where in-situ measurements are not practical due to unfavourable terrain and stand conditions. There is a necessity for further in vitro photosynthesis measurement experiments, especially in Türkiye, which has a generous tree species diversity, heterogenous stand characteristics and variable terrain texture. Further experiments will help to picture if such methods are applicable for a variety of tree species with different physiological characteristics.

References

- Aguadé, D., Poyatos, R., Rosas, T., Martínez-Vilalta, J., 2015. Comparative drought responses of *Quercus ilex* L. and *Pinus sylvestris* L. in a montane forest undergoing a vegetation shift. *Forests*, 6, 2505-2529.
- Akalusi, M.E., Meng, F.-R., Bourque, C.P.A., 2021. Photosynthetic parameters and stomatal conductance in attached and detached balsam fir foliage. *Plant-Environment Interactions*, 2(4):206-215.
- Akkemik, Ü., 2018. Ağaç Fizyolojisi. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Yayınları, İstanbul.
- Atalay, İ., 2002. Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri. Orman Bakanlığı Yayınları, İzmir.
- Bayar, E., Deligöz, A., 2020. Impacts of precommercial thinning on gas exchange, midday water potential, and chlorophyll content in *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* stand from the semiarid region. *Trees Structure and Function*, 34(5): 1169-1181.
- Dang, Q.-L., Margolis, H.A., Coyea, M.R., Sy, M., Collatz, G.J., 1997. Regulation of branch-level gas exchange of boreal trees: roles of shoot water potential and vapor pressure difference. *Tree Physiology*, 17 (8-9): 521-535.
- Deligöz, A., Bayar, E., 2021. Impact of drought stress on water potential and gas exchange parameters in Macedonian oak (*Quercus trojana* P.B. Webb.) seedlings. *Turkish Journal of Forestry*, 22(4): 366-370.
- Field, C.B., Ball, J.T., Berry, J.A., 1989. Photosynthesis: principles and field techniques. In: *Plant Physiological Ecology* (Ed: Pearcy, R.W., Ehleringer, J.R., Mooney, H.A., Rundel, P.W.). Springer, New York, pp.209-253.
- Flügge, U.-I., Westhoff, P., Leister, D., 2016. Recent advances in understanding photosynthesis. *F1000Research*, 5:2890.
- General Directorate of Forestry (Türkiye), 2022. Official statistics. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Accessed: 10.12.2023.
- Gauthier, M.M., Jacobs, D.F., 2010. Ecophysiological responses of black walnut (*Juglans nigra*) to plantation thinning along a vertical canopy gradient. *Forest Ecology and Management*, 259(5): 867-874.
- Gauthier, M.M., Jacobs, D.F., 2018. Reductions in net photosynthesis and stomatal conductance vary with time since leaf detachment in three deciduous angiosperms. *Trees*, 32(5): 1247-1252.
- Hättenschwiler, S., Körner, C., 1997. Biomass allocation and canopy development in spruce model ecosystems under elevated CO₂ and increased N deposition. *Oecologia*, 113(1): 104-114.
- Haworth, M., Giovanni, M., Centritto, M., 2018. An introductory guide to gas exchange analysis of photosynthesis and its application to plant phenotyping and precision irrigation to enhance water use efficiency. *Journal of Water and Climate Change*, 9(4): 786-808.
- Hunt, S., 2003. Measurements of photosynthesis and respiration in plants. *Physiologia Plantarum*, 117(3): 314-25.
- Huzisige, H., Ke, B., 1993. Dynamics of the history of photosynthesis research. *Photosynthesis Research*, 38(2): 185-209.
- Jafarnia, S., Akbarinia, M., Hosseinpor, B., Modares Sanavi, S.A.M., Salami, S.A., 2018. Effects of drought stress on some growth, morphological, physiological, and biochemical parameters of two different populations of *Quercus brantii*. *iForest Biogeosciences and Forestry*, 11: 212-220.
- Karnosky, D.F., Zak, D.R., Pregitzer, K.S., Awmack, C.S., Bockheim, J.G., Dickson, R.E., Hendrey, G. R., Host, G.E., King, J.S., Kopper, B.J., Kruger, E.L., Kubiske, M.E., Lindroth, R.L., Mattson, W.J., McDonald, E.P., Noormets, A., Oksanen, E., Parsons, W.F.J., Percy, K.E., Podila, G.K., Riemenschneider, D.E., Sharma, P., Thakur, R., Söber, A., Söber, J., Jones, W.S., Anttonen, S., Vapaavuori, E., Mankovska, B., Heilman, W., Isebrands, J.G., 2003. Tropospheric O₃ moderates responses of temperate hardwood forests to elevated CO₂: A synthesis of molecular to ecosystem results from the aspen FACE project. *Functional Ecology*, 17(3): 289-304.
- Koç, İ., Nzokou, P., 2023. Combined effects of water stress and fertilization on the morphology and gas exchange parameters of 3-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45:49.
- Koike, T., 1986. A method for measuring photosynthesis with detached parts of deciduous broad-leaved trees in Hokkaido. *Journal of the Japanese Forestry of Society*, 68(8): 423-428.
- Loewenstein, N. J., Pallardy, S.G., 1998. Drought tolerance, xylem sap abscisic acid and stomatal conductance during soil drying: A comparison of canopy trees of three temperate deciduous angiosperms. *Tree Physiology*, 18(7): 431-439.
- Meng, C., Liu, X., Chai, Y., Xu, J., Yue, M., 2019. Another choice for measuring tree photosynthesis *in vitro*. *PeerJ*, 7:e5933.
- Millan-Almaraz, J.R., Guevara-Gonzalez, R.G., Romero-Troncoso, R., Osornio-Rios, R.A., Torres-Pacheco, I., 2009. Advantages and disadvantages on photosynthesis measurement techniques: A review. *African Journal of Biotechnology*, 8(25): 7340-7349.
- Missik, J.E.C., Oishi, A.C., Benson, M.C., Meretsky, V.J., Phillips, R.P., Novick, K.A., 2021. Performing gas-exchange measurements on excised branches - evaluation and recommendations. *Photosynthetica*, 59(1): 61-73.
- Miyazawa, Y., Tateishi, M., Komatsu, H., Kumagai, T., Otsuki, K., 2011. Are measurements from excised leaves suitable for modeling diurnal patterns of gas exchange of intact leaves?. *Hydrological Processes*, 25: 2924-2930.
- Nunes, L.J.R., Meireles, C.I.R., Pinto Gomes, C.J., Almeida Ribeiro, N.M.C., 2020. Forest contribution to climate change mitigation: management oriented to carbon capture and storage. *Climate*, 8(2): 21.

- Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M.S., Cornwell, W.K., Craine, J.M., Gurvich, D.E., Urcelay, C., Veneklaas, E.J., Reich, P. B., Poorter, L., Wright, I.J., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J.G., de Vos, A.C., Buchmann, N., Funes, G., Quétier, F., Hodgson, J.G., Thompson, K., Morgan, H.D., ter Steege, H., van der Heijden, M.G.A., Sack, L., Blonder, B., Poschlod, P., Vaieretti, M.V., Conti, G., Staver, A.C., Aquino, S., Cornelissen, J.H.C., 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61: 167–234.
- Santiago, L., Mulkey, S. A., 2003. Test of gas exchange measurements on excised canopy branches of ten tropical tree species. *Photosynthetica* 41: 343–347.
- Saxe, H., 1991. Photosynthesis and stomatal responses to polluted air, and the use of physiological and biochemical responses for early detection and diagnostic tools. *Advances in Botanical Research*, 18: 1-128.
- Sazeides, C.I., Christopoulou, A., Fyllas, N.M., 2021. Coupling Photosynthetic measurements with biometric data to estimate Gross Primary Productivity (GPP) in Mediterranean Pine Forests of different post-fire age. *Forests*, 12: 1256.
- Schönbeck, L., Grossiord, C., Gessler, A., Gislér, J., Meusburger, K., D'Odorico, P., Rigling, A., Salmon, A., Stocker, B.D., Zweifel, R., Schaub, M., 2022. Photosynthetic acclimation and sensitivity to short- and long-term environmental changes in a drought-prone forest. *Journal of Experimental Botany*, 73(8): 2576–88.
- Scoffoni, C., Sack, L., 2015. Are leaves 'freewheelin'? Testing for a Wheeler-type effect in leaf xylem hydraulic decline. *Plant, Cell and Environment*, (38): 534-543.
- Siebers, M.H., Gomez-Casanovas, N., Fu, P., Meacham-Hensold, K., Moore, C.E., Bernacchi, C.R., 2021. Emerging approaches to measure photosynthesis from the leaf to the ecosystem. *Emerging Topics in Life Sciences*, 5(2): 261-274.
- Shinde, S., Naik, D., Cumming, J.R., 2018. Carbon allocation and partitioning in *Populus tremuloides* are modulated by ectomycorrhizal fungi under phosphorus limitation. *Tree Physiology*, 38(1): 52-65.
- Svenson, S.E., Davies, F.T. Jr 1992. Comparison of methods for estimated surface area of water-stressed and fully hydrated pine needle segments for gas exchange analysis. *Tree Physiology*, 10: 417-421.
- Tang, Y., Wang, C.K., 2011. A feasible method for measuring photosynthesis in vitro for major tree species in northeastern China. *Chin J Plant Ecol*, 35(4): 452-462.
- Torres-Ruiz, J. M., Jansen, S., Choat, B., McElrone, A. J., Cochard, H., Brodribb, T. J., Badel, E., Burtlett, R., Bouche, P. S., Brodersen, C. R., Li, S., Morris, H., Delzon, S., 2015. Direct x-ray microtomography observation confirms the induction of embolism upon xylem cutting under tension. *Plant Physiology*, 167(1): 40–43.
- Venturas, M.D., Mackinnon, E.D., Jacobsen, A.L., Pratt, R.B., 2015. Excising stem samples underwater at native tension does not induce xylem cavitation. *Plant, Cell and Environment*, 38(6): 1060-1068.
- Verryckt, L.T., Van Langenhove, L., Ciaï, P., Courtois, E.A., Vicca, S., Peñuelas, J., Stahl, C., Coste, S., Ellsworth, D.S., Posada, J.M., Obersteiner, M., Chave, J., Janssens, I.A., 2020. Coping with branch excision when measuring leaf net photosynthetic rates in a lowland tropical forest. *Biotropica*, 52: 608–615.
- Voronin, P.Y., Fedoseeva, G.P., 2012. Stomatal control of photosynthesis in detached leaves of woody and herbaceous plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 59(2): 281-286.
- Wheeler, J.K., Huggett, B.A., Tofte, A.N., Rockwell, F.E. Holbrook, N.M., 2013. Cutting xylem under tension or supersaturated with gas can generate PLC and the appearance of rapid recovery from embolism. *Plant, Cell and Environment*, 36: 1938-1949.
- Yin, G., Verger, A., Descals, A., Filella, I., Peñuelas, J., 2022. Nonlinear thermal responses outweigh water limitation in the attenuated effect of climatic warming on photosynthesis in northern ecosystems. *Geophysical Research Letters*, 49(16):e2022GL100096.

Kızılçam meşcerelerinde bitki tür çeşitliliği ile verimlilik arasındaki ilişkilerin belirlenmesi

Mehmet Güvenç Negiz^a, Serkan Özdemir^a, Oğuzhan Erfidan^{b,*}, Alican Çivğa^a, Özdemir Şentürk^c

Özet: Bu çalışmada kızılçamın verimliliği ile bitki tür çeşitliliği arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. Veriler Muğla ve Antalya'da 101 adet doğal kızılçam meşceresinde gerçekleştirilen envanter çalışmalarından temin edilmiştir. Her bir örnek alanda plus ağaç olarak seçilen 3 kızılçam için yaş ve boy değerleri kaydedilmiştir. Aynı zamanda örnek alanlara Braun-Blanquet skalasına göre bitki türleri kaydedilmiştir. Elde edilen yaş ve boy değerleri 75 yaşa endekslenerek bonitet değerleri hesaplanmış ve bonitet değerlerinin ortalaması alınarak her bir örnek alana ait ortalama bonitet değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra bonitet değerlerine 1 ile 5 arasında bir verimlilik değeri atanmıştır. Çeşitlilik ölçümlerinin yapılabilmesi için kaplama alanı değerleri Westhoff ve Maarel (1973)'e göre 1 ile 9 arasında bir değere karşılık gelecek şekilde düzenlenmiştir. Çeşitlilik hesabı için BİÇEB yazılımı kullanılarak Shannon ve Simpson alfa çeşitlilik değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca verimlilik ve çeşitlilik değerleri ile ilişkilendirilmek üzere yükselti, eğim, radyasyon indeksi, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış değişkenleri temin edilmiştir. İstatistik analiz aşamasında ilk olarak veri matrisine Kolmogorov-Smirnov normallik testi uygulanmıştır. Normallik varsayımının sağlanmadığının ($p<0.05$) tespit edilmesinden ötürü bonitet indeksi gruplarına yönelik olarak çeşitlilik değerlerinin arasında anlamlı fark olup olmadığının tespit edilebilmesi için non-parametrik bir yöntem olan Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Analiz neticesinde çeşitlilik değerleri arasında istatistik açıdan anlamlı bir fark ($p<0.05$) olduğu görülmüştür. Daha sonra temel bileşenler analizi yöntemi kullanılarak çeşitlilik değerleri ile çevresel değişkenler ilişkilendirilmiştir. Aynı zamanda bonitet indeksi grupları da sınıf verisi olarak temel bileşenler analizine dahil edilmiştir. Sonuç olarak Shannon ve Simpson çeşitlilik değerlerinin yükselti ve eğim ile negatif, yıllık toplam yağış ile pozitif bir ilişkiye sahip olduğunu ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Biyoçeşitlilik, Bonitet indeksi, Kruskal-wallis testi, *Pinus brutia*, Temel bileşenler analizi

Determination of relations between plant species diversity and productivity in Brutian pine stands

Abstract: This study examines the relationship between Brutian pine productivity and plant species diversity, focusing on its potential as a valuable resource. Data was collected from 101 natural Brutian pine stands in Muğla and Antalya through inventory studies. Age and height values were recorded for three selected Brutian pine trees in each plot, along with plant species diversity using the Braun-Blanquet scale. Site index values were used to assign productivity scores between 1 and 5 for each plot. Diversity values were adjusted to a scale of 1 to 9 according to Westhoff and Maarel (1973) to calculate alpha diversity indices (Shannon and Simpson) using BİÇEB software. Environmental variables such as elevation, slope, radiation index, annual mean temperature, and annual precipitation were also collected for further analysis. The Kolmogorov-Smirnov normality test was first applied to the data matrix. Since it was determined that the normality assumption was not met ($p<0.05$), the Kruskal-Wallis test, which is a non-parametric method, was used to determine whether there is a significant difference between the diversity values for the site index groups. Results indicated a statistically significant difference ($p<0.05$) in diversity values among these groups. Then, diversity values and environmental variables were correlated using principal component analysis method (PCA). At the same time, site index groups were also included in the PCA as class data. As a result, it was revealed that Shannon and Simpson diversity values have a negative relationship with elevation and slope and a positive relationship with total annual precipitation.

Keywords: Biodiversity, Site index, Kruskal-wallis test, *Pinus brutia*, Principal components analysis

1. Giriş

Ekosistemler, canlı organizmalar ile fiziksel çevreleri arasındaki etkileşimlerin karmaşık bir ağıdır. Bu etkileşimler, ekosistemde bulunan tüm canlı organizmaların (bitkiler, hayvanlar, mikroorganizmalar) ve cansız çevre faktörlerinin (hava, su, toprak, iklim) bir arada çalışması sonucu meydana

gelir (Weiskopf vd., 2020). Ekosistemler, kendine has benzersiz özelliklere sahiptir ve iklim, bitki örtüsü, toprak tipi ve canlı organizmalarla karakterize edilen çeşitli ekosistem türleri bulunmaktadır (Adner, 2017; Gülsoy vd., 2022).

Ekosistem türleri kendi içerisinde karasal ve sucul ekosistemler olmak üzere iki alt başlık altında gruplanmaktadır. Karasal ekosistemler; orman, çayır-mera,

^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksekokulu, Sütçüler, Isparta

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

^c Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Meslek Yüksekokulu, Burdur

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 16.10.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 09.01.2024



Citation (Atıf): Negiz, M.G., Özdemir, S., Erfidan, O., Çivğa, A., Şentürk, Ö., 2024. Kızılçam meşcerelerinde bitki tür çeşitliliği ile verimlilik arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 49-55. DOI: [10.18182/tjf.1376666](https://doi.org/10.18182/tjf.1376666)

dağ ve çöl ekosistemleri olarak ifade edilmektedir (Yu vd., 2013). Sucul ekosistemler ise tatlı su ve tuzlu su ekosistemleri olarak iki sınıfta değerlendirilmektedir. Her bir ekosistem türü sahip olduğu karakteristik özellik açısından ekolojik ve/veya ekonomik anlamda değer ihtiva etmektedir. Özellikle karasal ekosistemler sahip olduğu biyolojik çeşitlilik ve su kaynaklarının yanı sıra iklim düzenleme, erozyon kontrolü, ekonomik kaynak gibi parametrelerden ötürü önem arz etmektedir. Ayrıca ormanların karbon depolama işlevi de sahip olduğu bu önemi arttırmaktadır (Algeo vd., 2011; Webb, 2012).

Ekolojik ve ekonomik faktörler beraber düşünüldüğünde ormanlar karasal ekosistemler içerisinde ayrıca önem taşımaktadır (Seddon vd., 2016). Bu önemin temel çerçevesini sürdürülebilirlik oluşturmaktadır. Çünkü karasal ekosistemlerin en önemli bileşenlerinden olan ormanlar sürekli ve şiddetli bir şekilde antropojenik etkilere maruz kalmaktadır. Son yıllarda iklim krizinin kendini giderek daha çok hissettirmesi ormanları sahip oldukları tüm unsurları ile beraber sürdürülebilirlik açısından tehdit etmektedir (Özkan, 2010; Özdemir vd., 2020). Bu sebeplerden ötürü ormanlardan faydalanmanın sürdürülebilir bir zeminde yürütülebilmesi için sürecin ve süreçten etkilenen fonksiyonların etraflıca incelenmesi gerekmektedir. Orman ekosistemleri değerlendirilirken dikkate alınabilecek en önemli faktörlerden birisi biyolojik çeşitliliğidir. Çeşitlilik birçok diğer koşulun değerlendirilmesinde doğrudan veya dolaylı olarak gösterge olabilmektedir. Çünkü bir toplumun yüksek çeşitlilik değerine sahip olması o toplumu yangın, böcek zararı, iklim değişikliği gibi dışarıdan etkileyebilecek olan parametrelere karşı daha dirençli kılmaktadır (Süel vd., 2021).

Biyolojik çeşitlilik; ekosistem çeşitliliği, fonksiyonel çeşitlilik, genetik çeşitlilik taksonomik çeşitlilik, tür çeşitliliği ve yapısal çeşitlilik kavramları ile ifade edilmektedir. Ekoloji ve ormancılık gibi doğa bilimleri alanları içerisinde özellikle tür çeşitliliği üzerine yapılmış çalışmalar nispeten daha fazladır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde tür çeşitliliği hesaplamalarının alfa, beta ve gama olmak üzere üç bileşene ait olarak gerçekleştirildiği görülmektedir. Alfa tür çeşitliliği örnek alan içi çeşitliliği ifade ederken beta çeşitliliği örnek alanlar arasındaki benzemeziğe atfedilmektedir. Gama ise tüm alan çeşitliliğine karşılık gelmektedir (Özkan, 2016). Bu bileşenlerden alfa tür çeşitliliğinin hesaplanmasına yönelik olarak geliştirilmiş birçok indeks yer almaktadır. Shannon ve Simpson çeşitlilik indeksleri bunların arasında en yaygın olanları olarak ifade edilmektedir (Özkan, 2016; Süel vd., 2021). Çeşitlilik üzerine yapılan çalışmalar hem bitki türlerine hem de yaban hayvanlarına yönelik ekolojik açıdan önemli sonuçlar ortaya koymaktadır. Özellikle çeşitlilik modellemesi üzerine gerçekleştirilen çalışmalar sürdürülebilir kullanımın sağlanabilmesi adına koruma ve planlama çalışmalarına yönelik olarak önem arz etmektedir.

Orman ekosistemlerinden sürdürülebilir şekilde faydalanma noktasında dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden birisi de odun hammaddesi kullanımudur. Odun hammaddesi açısından verimli bir meşcerede yetişen bireyler ekonomik açıdan daha çok tercih edilmektedir. Dolayısı ile ekolojik (çeşitlilik) ve ekonomik (verimlilik) açıdan ortaya koyulan bu iki kavramın ilişkilendirilmesinin faydalı bilgileri ortaya koyabileceği düşünülmektedir. Bu noktadan hareketle, gerçekleştirilen çalışmada kızılçam türüne ait olarak hesaplanan verimlilik değerleri ile her bir örnek alan için elde

edilen çeşitlilik değerleri ilişkilendirilmiştir. Kızılçam tipik bir Akdeniz ağacıdır ve İtalya'nın Kalabriya Yarımadası'ndan batıda başlayarak, doğuda Irak'ın kuzeyindeki Zavita Atrush bölgesine kadar uzanan bir dağılıma sahiptir (Selik, 1963). Türün dağılımı kuzeyde Kırım'a kadar uzanırken, güneyde Lübnan ve Filistin'e kadar yayılış göstermektedir (Neyişçi, 1987; Ketten ve Gülsoy, 2020; Kuzugüdenli, 2022). En geniş yayılışı Akdeniz çukurunun doğusunda ve özellikle Anadolu'da olan kızılçam Türkiye'de 5 milyon hektarı aşan bir dağılıma sahiptir (OGM, 2013). Bahsi geçen geniş yayılışı, nispeten hızlı gelişen bir tür olması ve çalı formasyonu ile beraber asıl Akdeniz kuşağı vejetasyonunu temsil eden tür olması bu türe yönelik verimlilik çeşitlilik ilişkilerinin araştırılmasını önemli kılmaktadır (Berberoğlu ve Ertürk, 2020). Bu doğrultuda elde edilen bilgiler ormancılık açısından koruma, planlama, yetiştirme ve tür rehabilitasyon çalışmalarına altlık oluşturabilecek faydalı bilgiler sunmuştur.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma alanı, veri toplama ve hazırlama

Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde yer alan Antalya ilinde 100x100 metre boyutlarında 101 örnek parselde saha çalışmaları yapılmıştır. Her bir örnek alanda kaplama alanı verileri Blaun-Blanquet skalasına göre kaydedilmiştir. Kaplama alanı verileri Westhoff ve Maarel'e göre (Westhoff ve Van der Maarel, 1973) taksonomik çeşitlilik değerlerini hesaplayabilmek amacıyla 1 ile 9 arasında bir değere karşılık gelecek şekilde düzenlenmiştir ($r=1, +=2, \%1-5=3, \%6-12=4, \%13-18=5, \%19-25=6, \%26-50=7, \%51-75=8, \%76-100=9$). Örnek alanlarda bitki türlerine yönelik elde edilen kaplama alanı verilerinin dışında belirlenen üç plus ağaçtan artım burgusu ile yaş ölçümü yapılmış, boy ölçer ile de üst boy belirlenmiştir. Ardından ise üç plus ağaçtan elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Daha sonra bonitet ve çeşitlilik değerlerinin ilişkilendirilmesinde kullanılmak üzere her bir örnek alana ait yükselti, eğim, radyasyon indeksi, yıllık ortalama sıcaklık (bio1), ve yıllık toplam yağış (bio12) değişkenleri elde edilmiştir. Yükselti verisi EarthData veri tabanından 30 m çözünürlüğe ait olarak indirilen Sayısal Yüksek Modelinden (SYM) elde edilmiştir. Eğim değişkeni ise ArcMap yazılımında yükselti altlığı kullanılarak elde edilmiştir. Radyasyon indeksi değişkeni ise aşağıda ifade edilen Denklem 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Radyasyon indeksi} = \frac{1 - \cos\left(\frac{\pi}{180}\right) \times (Q - 30)}{2} \quad (1)$$

Denklemden Q bakı değerine karşılık gelmektedir. Radyasyon indeksi değerleri 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Kuzey ve kuzeydoğu yönündeki alanlara ait değerler 0'a yaklaşırken, güney ve güneybatı yönündeki değerler 1'e yaklaşmaktadır. Çalışmada Radyasyon indeksi değişkeni bakı değeri yerine kullanılmak üzere üretilmiştir. Bakı değeri istatistiksel açıdan kullanılmak istendiğinde elde edilen sonuçların değerlendirilmesi hata ortaya çıkarabilmektedir. Şöyle ki, 1 derece ve 359 derece kuzey yönünü ifade eden değerler olmasına karşın matematiksel olarak aralarındaki sonuçların yanlış değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu sebepten sürekli formattaki verilerin değerlendirildiği analiz süreçlerinde derece cinsinden bakı değişkeni yerine radyasyon indeksi değişkeninin

kullanılması tavsiye edilmektedir (Özdemir, 2022; Özdemir ve Çınar, 2023).

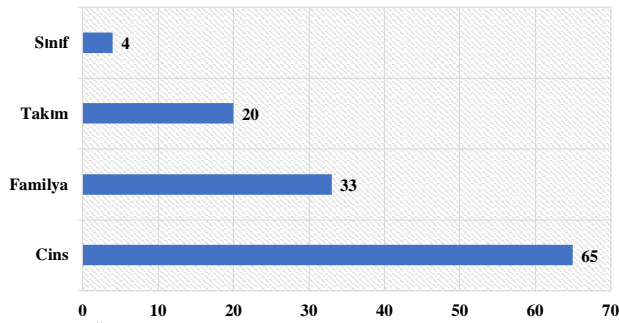
2.2. İstatistiksel analizler

İstatistiksel analiz sürecinde ilk olarak, düzenlenen kaplama alanı verileri kullanılarak Shannon (Shannon, 1948) ve Simpson (Simpson, 1949) çeşitlilik değerleri hesaplanmıştır (Özkan vd., 2020). Daha sonra her bir örnek alandan elde edilen üst boy ve yaş değerleri kullanılarak bonitet indeksleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama için bonitet indeksleri 75 yaşa endekslenmiştir. Hesaplama işlemlerinin ardından çeşitlilik ve bonitet indeksi değerlerine Kolmogrov-Smirnov normallik testi (Smirnov, 1948; Kolmogorov, 1993) ve Kruskal-Wallis (Kruskal-Wallis, 1952) testi uygulanmıştır. Son olarak bonitet indeksi ile çeşitlilik değerlerinin çevresel değişkenler ile olan ilişkilerinin belirlenebilmesi için temel bileşenler analizi (Pearson, 1901; Özdemir ve Çınar, 2023) kullanılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Çalışmada 101 örnek alanda gerçekleştirilen arazi çalışmaları neticesinde odunsu ve çok yıllık otsu olmak üzere 72 takson tespit edilmiştir. Taksonların toplamda 65 cins, 33 aile, 20 takım ve 4 sınıfta gruplandırıldığı görülmüştür.

Çalışmada kızılçam verimliliği ile çeşitlilik ilişkisine bakıldığında örneklemeler kızılçam alanlarında gerçekleştirilmiştir. Bulunma yüzdesi olarak kızılçamdan sonra en çok tespit edilen türler *Quercus coccifera* L. ve *Cistus creticus* L.'dir. En az tespit edilen türler ise *Allium cepa* L., *Ampelopsis orientalis* (Lam.) Planch ve *Ballota nigra* L.'dir. Taksonlar içerisinde bulunma yüzdesi en fazla ve en düşük olan 10 tür Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Örnek alanlarda tespit edilen taksonların taksonomik seviyelerinin sayıları (adet)

Örnek alanlarda tespit edilen türlere ait olarak Shannon ve Simpson çeşitlilik hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Çeşitlilik indeksleri itibarıyla minimum, maksimum ve ortalama çeşitlilik değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çeşitlilik değerlerinin hesaplanmasının ardından bonitet değerleri 75 yaşa endekslenerek hesaplanmıştır ve 5 bonitet grubuna göre sınıflandırılmıştır (Erkan, 1996; Carus ve Çatal 2007; Sönmez vd., 2015). Bonitet sınıflarının örnek alanlara göre yüzdesel dağılımları ile her bir bonitet grubunun ortalama çeşitlilik indeksi değeri Çizelge 2'de verilmiştir.

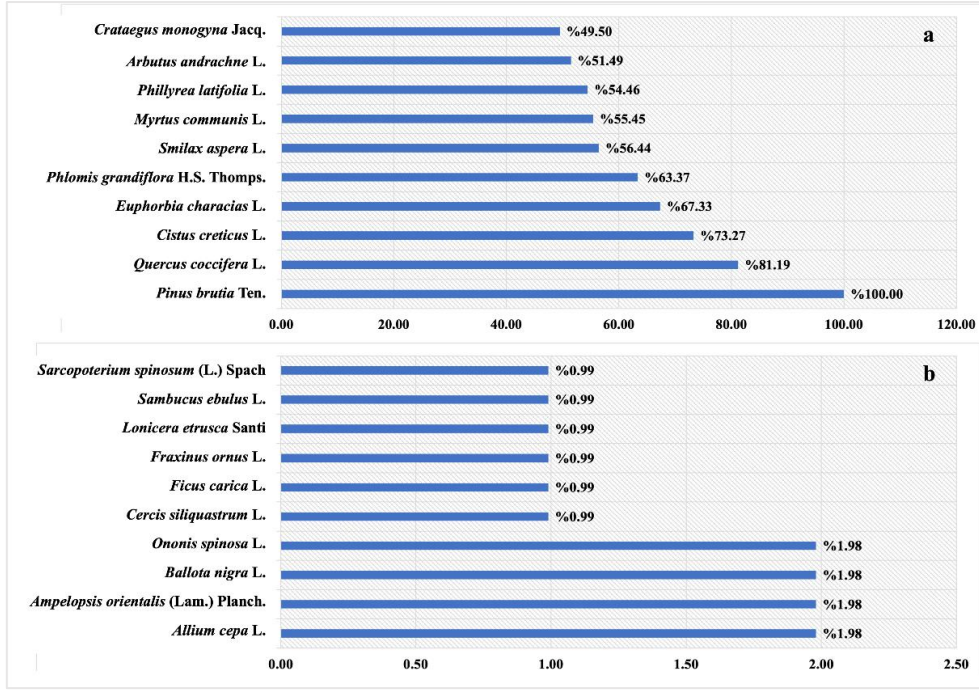
Çizelge 2 incelendiğinde Shannon çeşitlilik indeksi bakımından en yüksek çeşitlilik değerine sahip grubun II. bonitet olduğu, onu sırasıyla V, III, IV ve I. bonitet alanların takip ettiği tespit edilmiştir. Simpson açısından ise ortalama çeşitlilik değerinin en yüksek olduğu alanın benzer şekilde II. bonitet olduğu onu sırasıyla V, III, I ve IV. bonitet alanların takip ettiği görülmüştür. Kruskal-Wallis testi, istatistiksel bir hipotez testi yöntemidir ve bağımsız gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Bu test, grup dağılımlarına ait medyanlar arasında fark olup olmadığını değerlendirmek amacıyla ve grupların normal dağılıma sahip olmadığı veya grupların varyansları eşit olmadığı durumlarda tercih edilen bir yöntemdir (McKight ve Najab, 2010; Uysal ve Kılıç, 2022). Bonitet grupları arasındaki çeşitlilik indeksi değerleri için uygulanan analiz neticesinde hem Shannon ($p=0.041$) hem de Simpson ($p=0.031$) çeşitlilik indeksi değerleri bakımından gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar olduğu ($p<0.05$) görülmüştür (Şekil 3).

Çizelge 1. Minimum, maksimum ve ortalama çeşitlilik değerleri

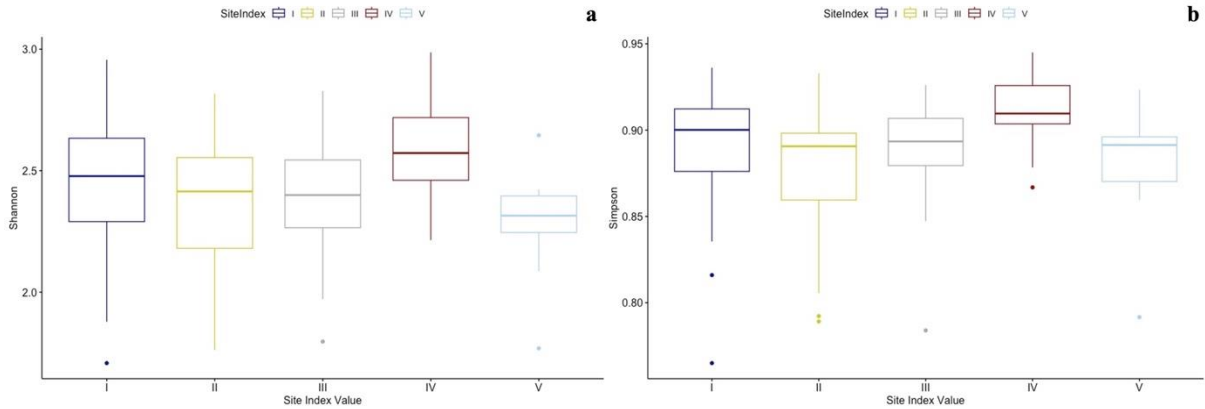
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Shannon	1.709	2.987	2.422
Simpson	0.765	0.945	0.890

Çizelge 2. Bonitet sınıflarının yüzdesel dağılımları ile bonitet sınıflarına karşılık gelen ortalama çeşitlilik indeksi değerleri

Bonitet sınıfları	Örnek alan sayısı		Ortalama çeşitlilik indeksi değerleri	
	Adet	Yüzde	Shannon	Simpson
I	36	% 36	2.284	0.879
II	20	% 20	2.582	0.91
III	18	% 18	2.381	0.888
IV	17	% 17	2.346	0.877
V	10	% 10	2.449	0.891



Şekil 2. Örnek alanlardaki bulunma yüzdesi en yüksek (a) ve en düşük (b) olan 10 tür



Şekil 3. Bonitet sınıflarına ait Shannon (a) ve Simpson (b) çeşitlilik indeksi değerleri için uygulanan Kruskal Wallis testi sonuçları

Şekil 3 incelendiğinde hem Shannon hem de Simpson çeşitlilik indeksi değerleri bakımından IV. boniteye ait grup ortalamalarının nispeten daha farklı olduğu görülmüştür. Şekil 3a itibarıyla Shannon çeşitlilik indeksi için V. grup ortalamalarının da grup ortalamaları bakımından farklılığa sahip olduğu tespit edilmiştir.

Temel bileşenler analizi sonuçlarına göre özdeğer ve varyans değerleri itibarıyla 1, 2 ve 3. bileşenler üzerinden değerlendirmelerin yapılabileceği görülmüştür. Şöyle ki, bileşenler üzerinden yorumların yapılabilmesi için özdeğerin % 1'den varyans açıklama oranının ise %10 dan yüksek olması beklenir. Dolayısı ile sadece ilk üç eksen bu koşulları sağlamaktadır (Çizelge 3).

Bileşenlerden ilk üçünün gerekli koşulları sağlamasına karşın Shannon ve Simpson çeşitlilik değerlerinin en yüksek korelasyonu bileşen 1 ile gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4). Dolayısı ile çeşitliliklere ait değerlendirmeler bileşen 1 üzerinden yapılmıştır.

Çizelge 3. Temel Bileşenler Analizi'ne ait varyans ve özdeğer sonuçları

	Özdeğer	Varyans	Kümülatif varyans
Bileşen 1	2.362	33.745	33.745
Bileşen 2	1.541	22.020	55.765
Bileşen 3	1.143	16.323	72.088
Bileşen 4	0.902	12.880	84.968
Bileşen 5	0.815	11.638	96.606
Bileşen 6	0.200	2.857	99.463
Bileşen 7	0.038	0.537	100

Çizelge 4. Çeşitlilik ile çevresel değişkenlerin bileşenler ile korelasyon değerleri

	Bileşen 1	Bileşen 2	Bileşen 3
Shannon	0.925	0.061	-0.215
Simpson	0.921	-0.003	-0.196
Eğim	-0.315	0.261	0.237
Radyasyon indeksi	-0.018	0.265	0.746
Yükselti	-0.587	-0.501	-0.391
Bio1	-0.008	0.922	-0.177
Bio12	0.464	-0.546	0.512

Çizelge 4'ten görüldüğü üzere bileşen 1 ile en yüksek korelasyon gösteren değişkenler yükselti, Bio12 ve eğimdir. Bu değişkenlerden yükselti ve eğim çeşitlilik değerleri ile negatif ilişkiye sahipken, Bio12 pozitif ilişki göstermiştir. Değişkenleri çeşitlilik indeksleri üzerinden yorumlarken aynı zamanda bonitet indeksi gruplarına göre de değerlendirebilmek için temel bileşenler analizine bonitet indeksi değerleri sınıf değişkeni olarak aktarılmıştır (Şekil 4).

Şekil 4'ten görüldüğü üzere bileşen 1 üzerinde eğim ve yükselti değişkenleri çeşitlilik değerlerinden ters yönde konumlanmıştır. Aynı zamanda bu değişkenler I. ve II. bonitet indeksi değerlerine sahip alanlar ile aynı bölgede konumlanmıştır. Dolayısı ile bu sonuçlar çalışma alanı içerisinde verimliliğin yükselti ile pozitif korelasyon gösterdiğini işaret etmektedir. Tür çeşitliliği ile verimlilik arasında pozitif ilişki olduğunu ortaya koyan yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Güner vd. (2011a) tarafından yapılan çalışmada da sarıçam türünün verimliliği

ile bitki tür çeşitliliği arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Yine Güner vd. (2011b) tarafından karaçam üzerine yapılan çalışmada da karaçam türü verimliliği ile odunsu tür zenginliği arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Daha önce Grace vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise tür çeşitliliğinin verimlilik ile pozitif ilişkiye sahip olabileceği ancak çevresel etkilerin verimlilik çeşitlilik üzerinde ne ölçüde etkili olabileceğinin belirsizliğini koruduğu belirtilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde yükselti ve eğim ile negatif korelasyon gösteren yıllık toplam yağış (Bio12) değişkeni Kruskal-Wallis testi sonuçlarına göre bonitet indeksi değerleri bakımından diğer gruplardan istatistiksel olarak farklı gruplanan IV. ve V. bonitet ile aynı bölgede konumlanmıştır. Başka bir ifade ile çalışma alanı içerisinde yıllık toplam yağışın yüksek olduğu alanların kızılçam türü için daha verimsiz alanları temsil ettiği görülmüştür.



Şekil 4. Temel bileşenler analizi grafiği

4. Sonuç ve öneriler

Asli orman ağacı türlerinin verimlilikleri ile tür çeşitliliği arasında yapılan çalışmalardan ortaya çıkan genel kanı ilişkilerin pozitif yönde olduğudur. Ancak yapılan çalışmalardan tespit edilen ilişkilerin istatistiksel anlamda çok yüksek olmadığı dikkat çekmektedir. Tür çeşitliliği ekosistemlerin verimliliği noktasında niş bir fonksiyona sahiptir. Bu ilişkilerin temel çerçevesini ekosistemler içerisindeki rekabetçi yaklaşım oluşturmaktadır. Bu rekabetçi yaklaşım doğrultusunda verimlilik çeşitlilik ilişkilerinin küçük ölçekli alanlarda veya örneklerde sorgulanması belirsizliğin tam anlamıyla çözülmesini kısıtlamaktadır. Ancak gerçekleştirilen bu çalışmada endüstriyel anlamda önemli bir tür olan kızılçamın verimliliği ile çeşitliliğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dolayısı ile türün odun hammaddesi olarak kullanımı sebebiyle gerçekleştirilecek olan silvikültürel çalışmalarda çeşitliliğin mutlaka gözlemlenmesi zaruri kılınmaktadır. Bu noktada ise kullanılabilir en etkili araçlar modelleme çalışmalarıdır. Modelleme çalışmaları ile elde edilecek çeşitlilik haritalarının orman ekosistemlerine yönelik planlamalara dahil edilmesinin ekolojik anlamda uygulanabilecek en etkili çözümlerden birisi olduğu düşünülmektedir.

Açıklama

Çalışma, 27-28 Eylül 2023 tarihlerinde Bartın'da düzenlenen "The 5th International Non-Wood Forest Products Symposium" adlı sempozyumda sözlü sunulmuş ve İngilizce özeti (abstract) Sempozyum Kitabında yayınlanmıştır.

Kaynaklar

- Adner, R., 2017. Ecosystem as structure: An actionable construct for strategy. *Journal of management*, 43(1): 39-58. <https://doi.org/10.1177/0149206316678451>
- Algeo, T.J., Chen, Z.Q., Fraiser, M.L., Twitchett, R.J., 2011. Terrestrial-marine teleconnections in the collapse and rebuilding of Early Triassic marine ecosystems. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 308(1-2): 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.01.011>
- Berberoğlu, E., Ertürk, M., 2020. Antalya'nın Doğal Bitki Örtüsünün Yıllara Göre Alansal Değişimi, Antalya Kitabı: Antalya'da Doğa ve Medeniyet, Antalya, s: 217-242.
- Carus, S., Çatal, Y., 2007. Isparta Yöresi Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra Arnold subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcerelerinde Büyüme Özellikleri. *Süleyman Demirel University Faculty of Arts and Science Journal of Science*, 2(1): 1-10.
- Erkan, N., 1996. Kızılçam Doğal Meşcerelerinde Artım ve Büyümenin Değerlendirilmesi. *Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2: 33-43.
- Grace, J.B., Michael Anderson, T., Smith, M.D., Seabloom, E., Andelman, S.J., Meche, G., Willig, M.R., 2007. Does species diversity limit productivity in natural grassland communities?. *Ecology Letters*, 10(8): 680-689. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01058.x>
- Gülsoy, S., Negiz, M.G., Özdemir, S., Yalçınkaya, B., Ulsan, M.D., 2022. Impacts of Climate Change on Living Organisms. A. Beram & M. D. Ulsan (Eds.), *Forest and Agricultural Studies from Different Perspectives Lithuania: SRAAcademic Publishing*, p: 73-112.
- Güner, T.Ş., Özkan, K., Yücel, E., 2011a. Sarıçam ormanlarının verimliliği ile vejetasyon ve tür çeşitliliği arasındaki ilişkiler: Türkmen Dağı örneği. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 12: 16.

- Güner, Ş.T., Özkan, K., Çömez, A., Çelik, N., 2011b. İç Anadolu Bölgesi'nde Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra subsp. pallasiana*) Verimli Olabileceği Potansiyel Alanların Odunu Gösterge Türleri. *Ekoloji Dergisi*, 20(80). doi: 10.5053/ekoloji.2011.807
- Keten, İ., Gülsoy, S., 2020. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ormanlarında Verimlilik İlişkileri. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4(2): 88-102. <https://doi.org/10.30516/bilgesci.740067>
- Kolmogorov, A.N., 1993. Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *Giornale dell' Istituto Italiano degli Attuari*, 4: 83-91.
- Kruskal, W.H., Wallis, W.A., 1952. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260): 583-621. <https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>
- Kuzugüdenli, E., 2022. Relationship between the productivity of *Pinus brutia* Ten. and site characters, the Taurus Mountains, Turkey. *Journal of Mountain Science*, 19(3): 662-672. <https://doi.org/10.1007/s11629-021-6738-y>
- McKight, P.E., Najab, J., 2010. Kruskal-wallis test. *The corsini encyclopedia of psychology*, 1-1. <https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0491>
- Neyişçi, T., 1987. Kızılçamın Doğal Yayılışı, El Kitabı Dizisi: Kızılçam, Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara, s: 17-22.
- OGM, 2013. Orman Atlası. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Orman Genel Müdürlüğü Ankara.
- Özdemir, S., 2022. Distribution modeling of the main forest tree species under climate change in West Mediterranean. PhD thesis Isparta University of Applied Sciences The Institute of Graduate Education, Isparta.
- Özdemir, S., Çınar, T. 2023. Determining Indicator Plant Species of *Pinus brutia* Ten. Using Interspecific Correlation Analysis in Antalya (Turkey). *Cerne*, 29(1). doi: 10.1590/01047760202329013188
- Özdemir, S., Özkan, K., Mert, A., 2020. An ecological perspective on climate change scenarios. *Biodiversity and Conservation*, 13(3): 361-371.
- Özkan K., 2016. *Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri ve Nasıl Ölçülür*. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınevi, Isparta.
- Özkan, K., 2010. Orman Ekosistem Çeşitliliği Haritalama Çalışmaları İçin Ekolojik Alan Çeşitliliğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Öneri. *Turkish Journal of Forestry*, 11(2): 136-148.
- Özkan, K., Küçüksille, E., Mert, A., Gülsoy, S., Süel, H., Başar, M., 2020. *Biyolojik çeşitlilik bileşenleri (BİÇEB) hesaplama yazılımı*. *Turkish Journal of Forestry*, 21(3): 344-348.
- Pearson, K., 1901. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 2(11): 559-572 <https://doi.org/10.1080/14786440109462720>
- Seddon, A.W., Macias-Fauria, M., Long, P.R., Benz, D., Willis, K.J., 2016. Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. *Nature*, 531(7593): 229-232.
- Selik, M., 1963. Kızılçamın Botanik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar ve Bunların Halepçami Vasıfları ile Mukayesesi. *Orman Genel Müdürlüğü Yayınları*, 353: 88.
- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3): 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148): 688.
- Smirnov, N., 1948. Table for estimating the goodness of fit of empirical distributions. *Annals of Mathematical Statistics*, 19(2): 279-281.
- Sönmez, T., Karahalil, U., Günlü, A., Şahin, A., 2015. Aynı yaşlı ve saf Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) meşcerelerinde çap dağılımının bonitet ve yaş sınıfları için değerlendirilmesi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 15(1): 26-36.

- Süel, H., Akdemir, D., Ertuğrul, E.T., Özdemir, S., 2021. Determining environmental factors affecting bird diversity. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 21(3): 244-251. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1049336>
- Uysal, İ., Kılıç, A.F., 2022. Normal distribution dilemma. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 12(1): 220-248. <https://doi.org/10.18039/ajesi.962653>
- Webb, T.J., 2012. Marine and terrestrial ecology: unifying concepts, revealing differences. *Trends in ecology & evolution*, 27(10): 535-541. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.06.002>
- Weiskopf, S.R., Rubenstein, M.A., Crozier, L.G., Gaichas, S., Griffis, R., Halofsky, J.E. & Whyte, K. P. 2020. Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of the Total Environment*, 733, 137782. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>
- Westhoff, V., Van der Maarel, E., 1973. The Braun-Blanquet approach. In: R.H. Whittaker & Junk (Eds.), *Handbook of vegetation science 5: Ordination and classification of communities*. The Hague, Netherland, p: 617-726.
- Yu, D., Shi, P., Liu, Y., Xun, B., 2013. Detecting land use-water quality relationships from the viewpoint of ecological restoration in an urban area. *Ecological Engineering*, 53: 205-216. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.045>

A bibliometric evaluation on furniture joints studies

Samet Demirel^{a,*} , Hande Eyüboğlu^b 

Abstract: Furniture joint one of the most critical point in furniture construction and it is one of the most governor part of the furniture construction. Therefore, many studies focuses on furniture joint from USA to China. This study aims to reveal the current structure of studies conducted in the literature on furniture joints. The study is structured in three basic stages. Firstly, a comprehensive literature study on furniture joints was carried out. Then, the sample of the study was determined as 253 articles with the keyword furniture joint in the Web of Science database. In the third stage, bibliometric analyzes were carried out. VOSviewer and Biblioshiny programs were used in the analysis, and the sample group was determined according to some parameters such as country, author, study year, university and study name. The results indicated that 2018 was the year for the highest numbers of furniture joint studies. Eckelman, Zhang, and Erdil were the pioneers authors on furniture joints studies. USA and Canada were the first countries where furniture joints studies initiated. Currently, Türkiye is the leading country on furniture joint studies, and China is getting popular country in the subject of the study. Besides, Purdue University and Muğla Sıtkı Kocman University is the accommodations which published the highest number studies on furniture joints. Additionally, the biometric analisis of the study showed that Forest Products Journal published the highest number furniture joint papers.

Keywords: Furniture joints, Bibliometric analysis, Türkiye

Mobilya birleşim çalışmaları üzerine bibliyometrik bir değerlendirme

Özet: Mobilya birleştirmeleri, mobilya yapımındaki en kritik noktalardan biri olup mobilya yapımının en çok dikkat edilmesi gereken kısımlardan biridir. Bu nedenle, ABD'den Çin'e kadar birçok çalışma mobilya birleştirmelerine odaklanmaktadır. Bu çalışma, literatürde mobilya birleştirmeleri üzerine yapılan çalışmaların mevcut yapısını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Çalışma üç temel aşamada yapılandırılmıştır. İlk olarak mobilya birleştirmeleri üzerine kapsamlı bir literatür çalışması gerçekleştirilmiştir. Ardından çalışmanın örneklemini Web of Science veri tabanında mobilya birleştirmeleri anahtar kelimesi ile 253 makale olarak belirlenmiştir. Üçüncü aşamada ise bibliyometrik analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde VOSviewer ve Biblioshiny programları kullanılmış ve örneklem grubu ülke, yazar, çalışma yılı, üniversite ve çalışma adı gibi bazı parametrelere göre belirlenmiştir. Sonuçlar, 2018 yılının en fazla mobilya birleştirme çalışmalarının yapıldığı yıl olduğunu göstermiştir. Eckelman, Zhang ve Erdil mobilya birleştirmeleri çalışmaları konusunda öncü yazarlar olmuşlardır. ABD ve Kanada mobilya birleştirme çalışmalarının başladığı ilk ülkeler olmuştur. Şu anda, Türkiye mobilya birleştirme çalışmalarında lider ülke konumundadır ve Çin çalışma konusunda popüler bir ülke haline gelmektedir. Ayrıca Purdue Üniversitesi ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi mobilya birleştirmeleri konusunda en fazla çalışma yayınlayan kuruluşlardır. Ayrıca, çalışmanın biyometrik analizi, Forest Products Journal'ın en fazla sayıda mobilya birleştirme makalesi yayınladığını göstermiştir.


Anahtar kelimeler: Mobilya birleştirme, Bibliyometrik analiz, Türkiye

1. Introduction


Furniture, an integral part of human existence, has evolved over millennia to meet customers' ever-changing needs for comfort, aesthetics, and functionality. While the basic raw material of the furniture industry has been solid wood as furniture elements for years, developing technology has enabled the use of wood-based composite materials such as particleboard, MDF (medium density fibreboard) and plywood in furniture production (Kaya, 2018; Köksal and Kelleci, 2020). In joining furniture elements to each other, traditional techniques such as dowel and mortise-tenon joints have begun to be replaced by Ready-to-Assembly joints with mechanical fasteners, which are installed in houses or offices and their use is rapidly becoming widespread (Kasal, 2004; Karaman et al., 2020). Typically, furniture is made using


either the frame (skeleton) approach, the case (panel-type) technique, or a blend of both, referred to as the enrich method (Kasal et al., 2020). Similar to everything that has changed since history, furniture also changes (Yılmaz Aydın, 2022).

The crucial aspects of furniture construction revolve around the joints. In contemporary industrialized nations, the application of all-wood joints is predominantly confined to the production of high-end custom furniture. Conversely, joints employed in mass-produced furniture predominantly rely on adhesives or fasteners manufactured from steel or diverse polymers. These alternatives demand less complex manual work, making them generally more straightforward and cost-effective to manufacture and assemble compared to traditional methods. Commonly utilized joints in modern industrial furniture contain adhesives, dowels, screws, nuts and bolts, and cam connectors (Braun, 2021). These joints

 ^a Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industry Engineering, Trabzon

^b Samsun University, Faculty of Architecture and Design, Department of Interior Architecture and Environmental Design, Samsun

 ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): sdemirel@ktu.edu.tr

 **Received** (Geliş tarihi): 10.11.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 22.02.2024



Citation (Atf): Demirel, S., Eyüboğlu, H., 2024. A bibliometric evaluation on furniture joints studies. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 56-63. DOI: [10.18182/tjf.1389049](https://doi.org/10.18182/tjf.1389049)

can be established using various types of joints, including glued and unglued varieties. Examples of glued joints include dowels and mortise and tenon joints, while non-glued joints encompass nails, screws, metal fasteners, and plastic connectors. Fasteners for ready-to-assemble (RTA) furniture joints are gaining popularity steadily, particularly for their convenience in shipping and transportation (Kasal et al., 2023).

Throughout history, an array of joint types have been used (Segovia and Pizzi, 2009), each with its own merits and shortcomings. These joints range from dovetail and mortise-and-tenon joints to metal fasteners such as screw or staple. The choice of joint type is influenced by factors such as the intended use of the furniture, material selection, aesthetic considerations, and production methods. As a result, the science and art of furniture joint design have witnessed continuous evolution.

Furniture joints play crucial roles in furniture construction, serving essential purposes related to strength, technology, and the operational and aesthetic aspects. This has been affirmed through extensive literature, which has examined how various factors affect the strength of constructional furniture joints. These factors include the type of joint, the materials used in the composite, the adhesive employed, and their effects on the distribution of stress (Kociszewski, 2005; Smardzewski and Papuga, 2004).

People live in the digital age, therefore furniture industry also move trend of using computer technology. The new furniture production is based on computer numerical control (CNC), computer aided-design (CAD) and so on (Ke and Ruimin, 2009). Besides, the field of furniture joint research has experienced a resurgence of interest, driven by a confluence of factors such as advances in materials science CAD, and the growing emphasis on sustainable and eco-friendly furniture production. Moreover, the increased demand for furniture with superior strength, stability, and adaptability has necessitated the exploration of novel joint designs and the refinement of traditional ones (Hidayetoğlu and Yıldırım, 2017).

Furniture joint studies contribute to the ongoing discourse on design and durability. They presents a comprehensive review of existing joint types, highlighting their strengths and weaknesses, and explores emerging trends in joint technology. Furthermore, this research investigates the impact of various factors, including material properties, environmental conditions, and load-bearing requirements, on the performance of furniture joints. By combining theoretical analysis with practical experimentation, these studies seek to provide a holistic understanding of the key considerations in optimizing furniture joint design.

Bibliometric analyses enable the identification of present patterns in research and the exploration of connections between different research domains. Conversely, these analyzes reveal tendencies in the field by allowing a broader perspective on the field of study (Samiee and Chabowski, 2012; Verma and Gustafsson, 2020). Bibliometric analysis studies conducted on large data sets provide information about developments in the field of research, scientific productivity, country/author collaborations, and global and local contributions (Baker et al., 2021).

In this paper furniture joint studies were evaluated according to some parameters such as years of study, authors name, author citation, country, university, and publishing journal. Therefore, a bibliometric evaluation was carried out

on furniture joint in order to see who is working what around the world. Through this extensive analysis, it is aimed to provide a valuable resource for reader, designers, craftsmen, engineers, and researchers involved in furniture design and manufacturing. This scientific paper also aimed to provide a comprehensive analysis of advancements in furniture joint design.

2. Material and methods

Figure 1 shows the bibliometric analysis and three basic steps. In the first step, a comprehensive literature review was conducted regarding furniture and furniture joints details. The literature review was used to create the conceptual framework and identify the limitations of the study. The second step was to determine the sample and design in four stages. First, the database was determined. In bibliometric analyses, data was downloaded from various databases such as Web of Science, Scopus, Dimension, and PubMed. In selecting the database within the scope of the study, care was taken to include a data set that represents the literature. Web of Science was chosen as the database within the scope of the study, considering its widespread use, comprehensive indexing speed, user-friendly interface, ease of access to current research data, and wide documentation and search options. Web of Science, one of the oldest and most widely used databases in the world, is a daily updated database containing studies conducted since the 1900s. Then, in order to obtain the studies in the literature on the subject of the study, "furniture joint" was determined as the keyword group that best expresses the literature. Afterwards, a search was carried out in the title, abstract and keywords of the studies in the Web of Science database. As a result of the search, 568 studies were found. Considering that the studies found are related to various different disciplines, the search result was limited to the categories "Forestry" and "Material Science Paper Wood" in order to obtain reliable and directly related data. Then the search was repeated and 280 studies were identified. Finally, the results obtained were limited to "article" and "review article", which are thought to be a more effective publication type in guiding the academic field, and 253 articles were determined as the sample of the study.

In the third step of the study, bibliometric analyzes of the sample group were conducted. Bibliometric analysis is defined as the evaluation of studies on a determined field using statistical and mathematical techniques (Pritchard, 1969; Borgman and Furner, 2002; Andrés, 2009). On the other hand, bibliometric analysis determines the conceptual, social and intellectual structure of the field by measuring various research components such as author, year, keyword, citation, country and the relationships among these components (Aria and Cuccurullo, 2017; Gutiérrez-Salcedo et al., 2018). In addition, it allows to reveal the evolution of the research subject over time and the current situation dynamics. The main purpose of bibliometric analysis, which allows looking at the research topic from a broad perspective, is to recognize, understand and evaluate the literature in the field (Samiee and Chabowski, 2012). In addition, bibliometric analysis of the obtained data can be done manually or through various programs such as VOSviewer, Biblioshiny, CiteSpace, Pajek, due to the rapid increase in scientific information production in recent years. Bibliometric analyzes are more preferred today, considering the ability to analyze large data sets quickly, low margin of

error, and saving time and resources. On the other hand, analysis programs offer various network analyzes and visualizations (Cobo et al., 2011; Chadegani et al., 2013; Baker et al., 2021; Donthu et al., 2021). In this study, bibliometric analyzes were carried out in two stages: performance analysis and science mapping in VOSviewer and Biblioshiny programs, which are compatible with the Web of Science database and have various visualization possibilities. As a performance analysis of the data set specifically for the study, the contribution of year, author, country, university and journal to the field was revealed using metrics. On science maps, network visualizations were made for author and country collaborations.

3. Results and discussion

Figure 2 shows furniture joint studies according to the years. Based on the figure, the dissipation according years on the furniture joint studies has increased at recent years. Maximum furniture publication was reached in 2018 until Covid-19 pandemy which is right before 2019. Covid-19 pandemy may have negatively effected the studies based on due to decrease after 2018 as shown in Figure 2.

Figure 3 shows the name of authors who have been working on furniture joint studies. As shown in the Figure 3, C.A. Eckelman is the author who started furniture joint studies first and he was followed by J. Zhang who got started publishing such papers at the beginning of 1990's. Smardewski started furniture joints studies at the end of 1990's. Figure 3 illustrates that most of studies started publishing these studies in the beginning of millenium. Dr. Demirel, author of this study, started his furniture joint studies in 2014.

Figure 4 shows the citations of authors who studied on furniture joints. Based on the figure, Eckelman, Zhang and Erdil are earliest authors who were cited by other studies. These are followed by Mohammad, Kasal, Haviarova, Quin, Tankut, Ertan, Frederiksson, Kamperidou, Kouzimu, Madriz-Quiros. The latest authors who have been cited recently on furniture joint studies are Wengang, Demirel, Zhu, Genchev, Milch, Gric, Bayatkashkoli, Zhu, Polacik. Figure 5 illustrates furniture joints studies according to countries around the world.

As shown in Figure 5, Türkiye is the number one country where the most furniture joint studies has been carried out and published so far. This is being followed by USA, China, Poland, Czech Republic, Iran and so on. Figure 6 also shows the connection among countries on furniture joint studies. Based on the figure, Türkiye seems a bridge similar to its geographical location between the continents of Europe and Asia. Then USA and China seems the other bigger countries where most of furniture joints studies have been carried out.

As shown in Figure 7, the studies on furniture joints has been started around 2000's in USA, Canada based on time scale in left corner of Figure 7. Later Türkiye, Poland, Iran, Croatia, Slovakia, Bosnia and Herseg, France, England showed up based on the scale in the figure. Chine seems the latest and recent country where furniture joints studies have become popular among the colleagues or scientists. Figure 8 illustrates furniture joint studies based on university names around the world.



Figure 1. Research design

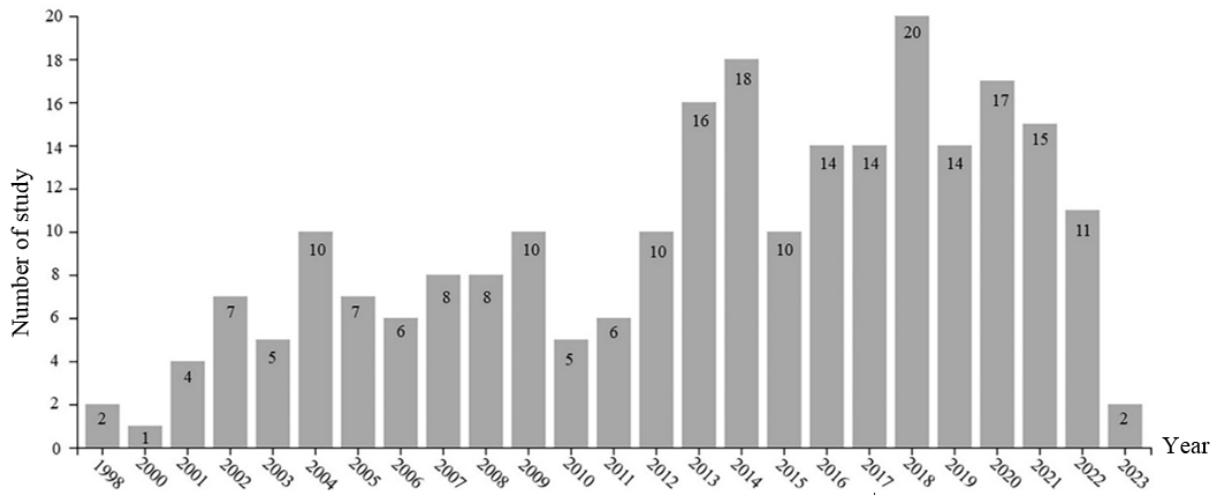


Figure 2. Number of furniture joints studies based on years

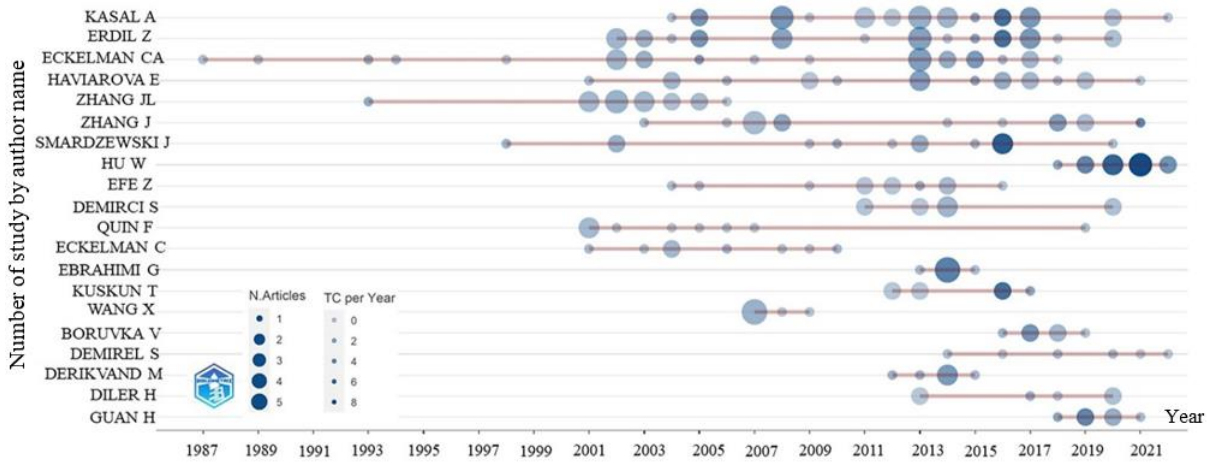


Figure 3. Furniture joints studies based author names

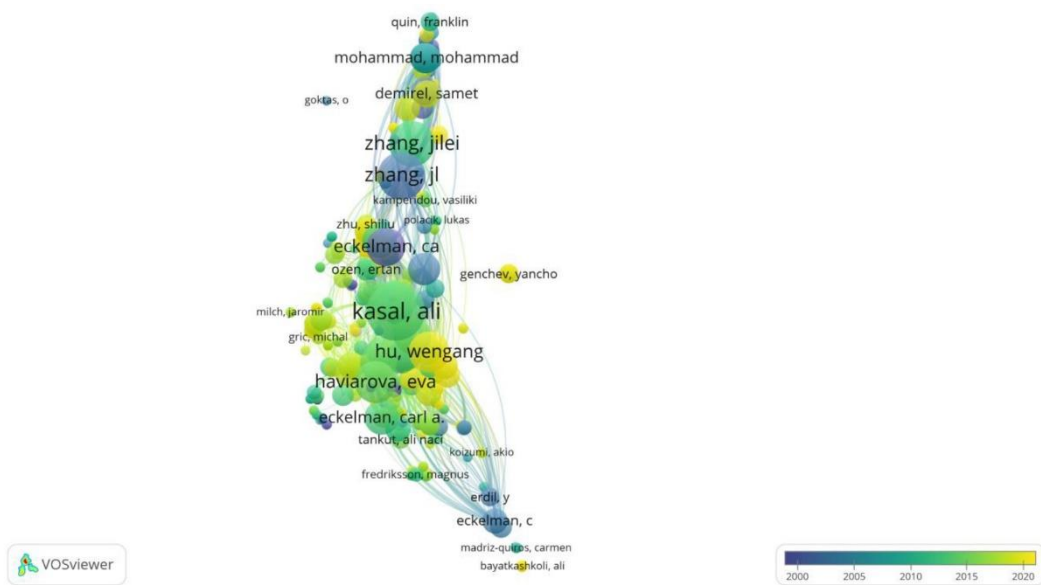


Figure 4. Furniture joints studies according to author citation

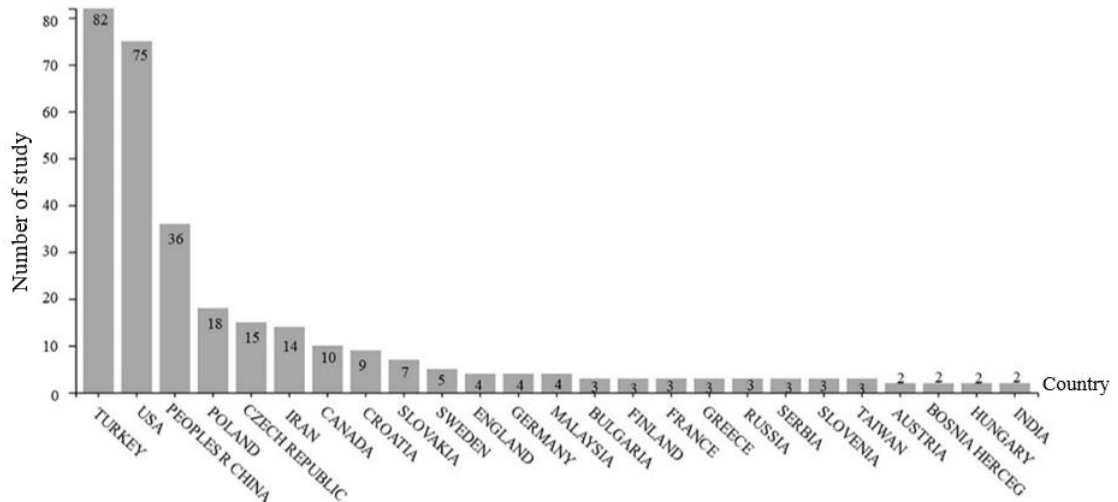


Figure 5. Furniture joints studies according to countries

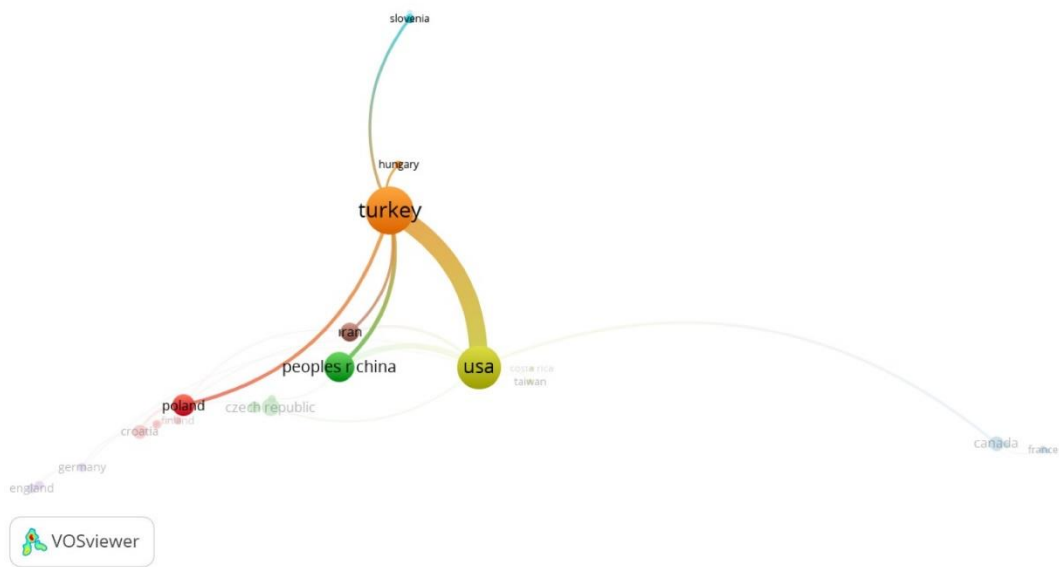


Figure 6. Furniture joints studies carried out by different countries around the world

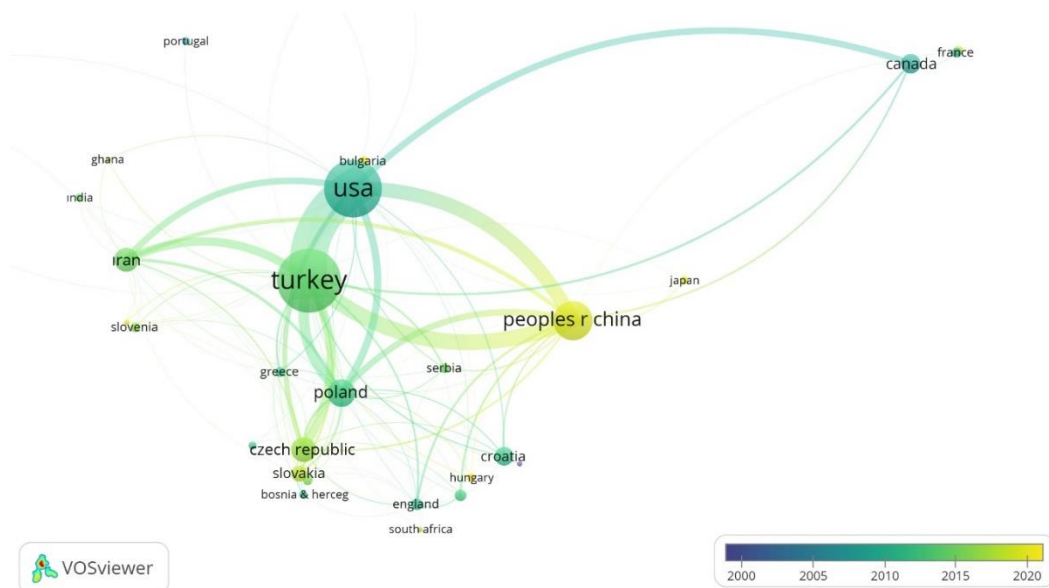


Figure 7. Furniture joints studies carried out by different countries by considering time from past to present

As seen in Figure 8, Mugla Sıtkı Kocman University in Türkiye and Purdue University in USA are the universities where most of published work on furniture joints is observed. All these are followed by Mississippi State University, Nanjing University, Gazi University, Poznan University of Life Science, University of Tehran, Bulent Ecevit University, Czech University of Life Science, Ege University, University of Zagreb, Karadeniz Technical University, Laval University, Akdeniz University, Bartın University, Technical University Zloven, Mendel University in Brno, Anni Agricultural University, Karabük University, Kastamonu University, Yalova University, Buckinghamshire New University. For

overall consideration, ten universities from Türkiye are the intitutions where the most furniture studies has been carried out and published. Additionally, two universities from USA, one universities from China, Poland, Iran, Croatia, Canada, Check Republic, Slovakia, Finland, and England published such studies. Figure 9 shows the journal names where the furniture joint studies are published.

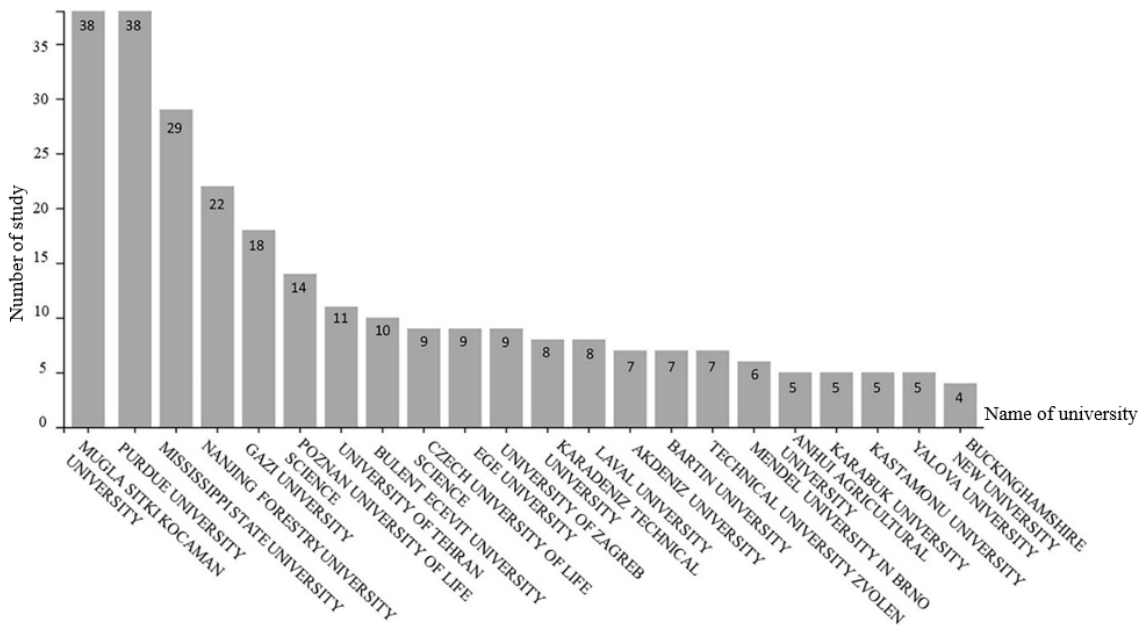


Figure 8. Furniture joints studies according to university names

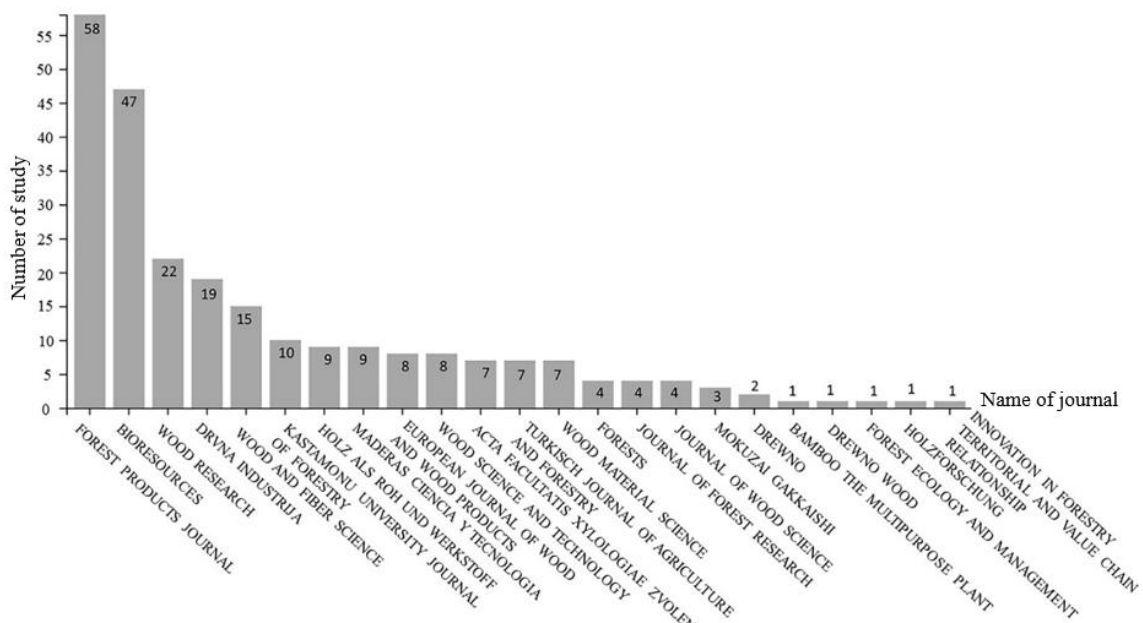


Figure 9. Furniture joint studies according publishing journal names

As shown in Figure 9, Forest Products Journal with 58 papers is the most furniture joint study publishing journal so far. This is followed by BioResources, Wood Reserach, Drvna Industrija, Wood and Fiber Science, and Kastamonu University Journal of Forestry Faculty with the publication number of 47, 22, 19, 15 and 10, respectively. The other journals with the name of Holz Als Roh Und werkstoff, Maderas Ciencia Y Tecnologia, Eurpoean Journal of Wood and Wood Products, Wood Science and Technology, Acta Facultatis Zilologiae Zloven, Wood Material Science, Forests, Journal of Forest Research, Journal of Wood Science, Mokuzai Gakkishi, Drewno, Bamboo the Multi Purpose Plant, Drewno Wood, Forest Ecology and Management, Holzforshung, Innovation ForestryTerritorial and Value Chain Realtionship have published several furniture joint studies.

Figure 10 shows keywords related the topic on the right, the authors in the middle and keywords assigned by database on the left. As shown in the figure, the main keyword is furniture joint on the right top and strength is the main keyword in the left top. This results also showed that how furniture joints is related with strength in a furniture construction because the strength performance of an upholstered furniture frame depends heavily on the joints that hold its structural members together (Zhang et al., 2001; Erdil et al., 2003; Demirel et al., 2018).

4. Conclusions

In this study, a bibliometric evaluation of the furniture joint studies were considered according to years of study, authors name, author citation, country, university, publishing journal. With this study, the important parameters were highlighted. Accordingly, following outputs were revealed with the bibliometric analysis of current researches.

- The most of furniture-related publications was achieved in 2018.
- The earliest authors cited by other studies are Eckelman, Zhang, and Erdil.
- Türkiye stands out as the leading country in terms of conducting and publishing the most studies on furniture joints. Notably, research on furniture joints appears to have gained momentum around the 2000s, with the United States and Canada being among the earliest contributors, followed by Türkiye, Poland, Iran, and Croatia. China appears to be the most recent entrant to the field of furniture joint studies
- Mugla Sitki Kocman University in Türkiye and Purdue University in the USA have produced a significant portion of the published work on furniture joints among other countries.
- Among the all journals, the Forest Products Journal has emerged as the primary publication journal for research on furniture joints.
- This study revealed that how furniture joint is strongly related to strength.
- This study showed that how the insterest of the science such as focusing on furniture joint studies started to move from western countries to eartern countries.

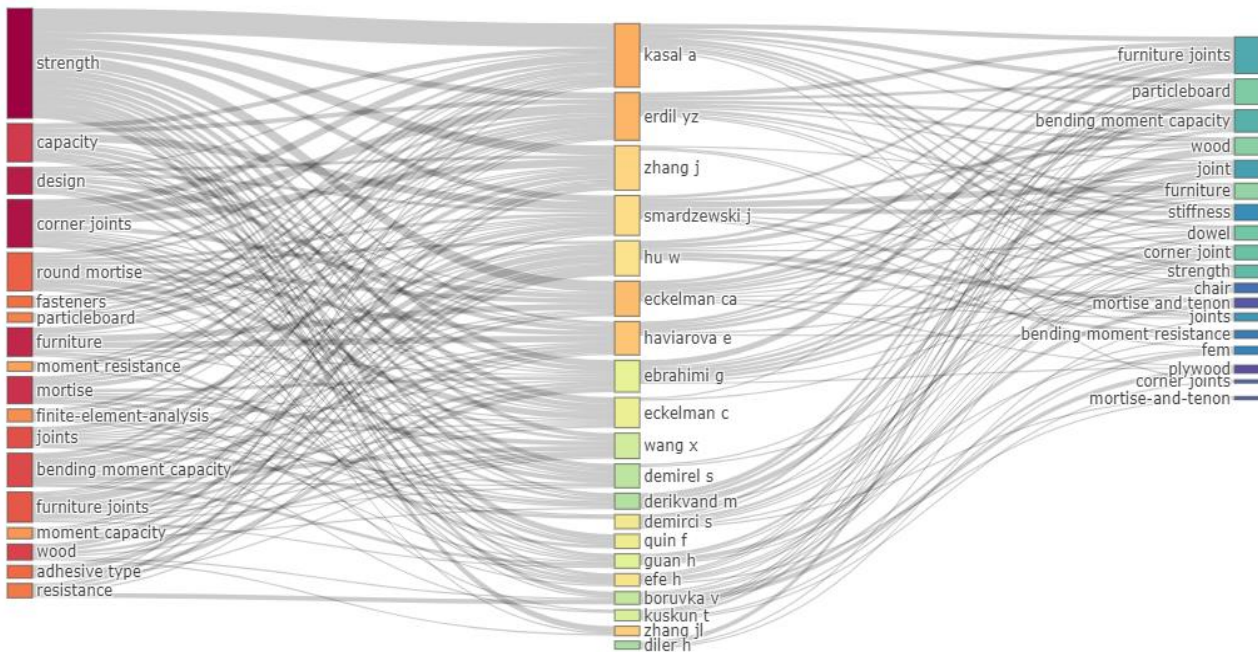


Figure 10. The keywords and author connection

References

- Andrés, A., 2009. Measuring Academic Research: How To Undertake A Bibliometric Study. Elsevier.
- Aria, M., Cuccurullo, C., 2017. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4): 959-975.
- Baker, H.K., Kumar, S., Pandey, N., 2021. Forty years of the journal of futures markets: A bibliometric overview. *Journal of Futures Markets*, 41(7): 1027-1054.
- Borgman, C.L., Furner, J., 2002. Scholarly communication and bibliometrics. *Annual Review of Information Science and Technology*, 36(1): 1-53.
- Braun, M., 2021. Design of all-wood furniture joints. Master Thesis, Linnaeus University, Sweden.
- Chadegani, A.A., Salehi, H., Yunus, M.M., Farhadi, H., Fooladi, M., Farhadi, M., Ebrahim, N. A., 2013. A comparison between two main academic literature collections: Web of Science and Scopus databases. *Asian Social Science*, 9(5):18-26.
- Cobo, M.J., López-Herrera, A.G., Herrera-Viedma, E., Herrera, F., 2011. Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for information Science and Technology*, 62(7): 1382-1402.
- Demirel, S., Tor, O., Yu, X., Zhang, J., 2018. Lateral loads of stapled-glued surface-to-surface joints in oriented strandboard for furniture. *Wood and Fiber Science*, 50(3): 280-290.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., Lim, W.M., 2021. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133: 285-296.
- Erdil, Y.Z., Zhang, J., Eckelman, C.A., 2003. Staple holding strength of furniture frame joints constructed of plywood and oriented strandboard. *Forest Prod Journal*, 53(1):70-75.
- Gutiérrez-Salcedo, M., Martínez, M.Á., Moral-Munoz, J.A., Herrera-Viedma, E., Cobo, M.J., 2018. Some bibliometric procedures for analyzing and evaluating research fields. *Applied Intelligence*, 48: 1275-1287.
- Hidayetoğlu, M.F., Yıldırım, K., 2017. Innovative approaches to furniture assembly and sustainability in design. *Journal of Advances Technology Science*, 6(3): 122-132.
- Karaman, A., Sofuoğlu S.D., Yeşil, H., 2020. L tipi demonte mobilya köşe birleştirmelerde bağlantı elemanlarının eğilme momenti üzerine etkilerinin araştırılması. *Türkiye Ormançılık Dergisi*, 21(2): 159-165.
- Kasal, A., 2004. Masif ve kompozit ağaç malzemelerden üretilmiş çerçeve konstrüksiyonlu koltukların performansları, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kasal, A., Kuşkun, T., Smardzewski, J., 2020. Experimental and numerical study on withdrawal strength of different types of auxetic dowels for furniture joints. *Materials*, 13(19): 4252.
- Kasal, A., Kuşkun, T., Smardzewski J., Güray, E., 2023. Analyses of L-type corner joints connected with auxetic dowels for case furniture. *Materials*, 16(13): 4547.
- Kaya, N., 2018. Cam elyaf ile katılandırılmış tarımsal atıklar kullanılarak üretilen lif levhaların (mdf) mekanik ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(3): 905-916.
- Ke, S., Ruimin, L., 2009. Furniture industry oriented computer-aided dragon and Phoenix decoration graphic system. 10th IEE International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design, 26-29 November, Wenzhou, Peoples Republic of China, pp. 1181-1183.
- Kociszewski, M., 2005. Stiffness and load capacity of biscuit corner joints. *Folia Forestalia Polonica*, 36: 39-47.
- Köksal, S.E., Kelleci, O., 2020. Yonga levha (sunta) ve mdf kullanan mobilya-dekorasyon firmalarının sorunları; Bolu örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(1): 133-143.
- Pritchard, A., 1969. Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of Documentation*, 25: 348.
- Samiee, S., Chabowski, B.R., 2012. Knowledge structure in international marketing: A multi-method bibliometric analysis. *Journal of The Academy of Marketing Science*, 40: 364-386.
- Segovia, C., Pizzi, A., 2009. Performance of dowel-welded wood furniture linear joints. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 23: 1293-1301
- Smardzewski, J., Papuga, T., 2004. Stress distribution in angle joints of skeleton furniture. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Wood Technology*, 7(1).
- Verma, S., Gustafsson, A., 2020. Investigating the emerging COVID-19 research trends in the field of business and management: A bibliometric analysis approach. *Journal of Business Research*, 118: 253-261.
- Yılmaz Aydın, T., 2022. Do it-yourself furniture: Part A - Designing fittings for an easy-to manufacture hybrid chair. *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 5(1): 50-60.
- Zhang, J., Lyon, D.E., Quin F, Tackett, B., 2001. Bending strength of gusset-plate joints constructed of wood composites. *Forest Product Journal*, 51(5): 40-44.

Perde duvarların yanıl yük dayanımı üzerine kaplama elemanı ve yalıtım malzemesinin etkisinin araştırılması

Duygu Yücesoy^a, Okan İlhan^a, Abdullah Uğur Birinci^{a,*}, Cenk Demirkır^a

Özet: Hafif karkas ahşap yapı sistemlerinde perde duvarlar; masif malzemenin genellikle kullanıldığı iskelet sistemi, kaplayıcı ya da örtücü eleman ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Kaplama elemanı olarak, deprem ve rüzgâr gibi yapının yer değiştirerek uğradığı yatay deformasyona direnç göstererek çökmesini engellediği için kontrplaklar kullanılmaktadır. Perde duvarın yapısal özelliklerini ve kontrplakların teknolojik özelliklerini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Ağaç türü, levha kalınlıkları, lif yönü, kusurlar, bağlantı elemanlarının türü, konumu ve aralarındaki mesafeler gibi faktörler, perde duvarın dayanıklılığı, mukavemeti ve yatay deformasyon miktarı üzerinde etkilidir. Bu faktörlerin bir araya gelmesi, perde duvarın genel performansını ve yatay deformasyon miktarını belirlemektedir. Bu çalışmada, yanıl yük altındaki perde duvarlardaki yatay deformasyon miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, karaçam ve ladin ağaç türlerinden yapılan kontrplak kaplı perde duvarlarda yapısal ve teknolojik faktörlerin etkisini incelemektedir. Araştırmada, ağaç türü (karaçam ve ladin), kontrplak levha kalınlıkları, lif yönelimi (liflere dik ve paralel), kusurlar, bağlantı elemanı ölçüsü (6d ve 8d) gibi bir dizi değişken değerlendirilmektedir. Perde duvarlarda kullanılan yalıtım malzemeleri (Ekstrüde Polistiren (XPS), Ekspande Polistiren (EPS) gibi) de dikkate alınmış ve yanıl yük altındaki yatay deformasyon miktarları belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, karaçam kontrplaklarla kaplanan perde duvarların genel olarak ladinlere göre daha fazla yatay deformasyona uğradığını ve liflere paralel olarak üretilen perde duvarların genellikle daha yüksek yatay deformasyon değerlerine sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Kontrplak, Perde duvar, Yatay deformasyon

Investigation of the effect of cladding element and insulation material on lateral load resistance of shear walls

Abstract: Shear walls in lightweight carcass timber construction systems; The skeleton system, in which solid material is generally used, consists of covering or covering elements and fasteners. As a covering element, plywood is used because it resists the horizontal deformation of the structure, such as earthquake and wind, and prevents it from collapsing. There are many factors that affect the structural properties of the curtain wall and the technological properties of plywood. Factors such as wood type, board thicknesses, fiber direction, defects, type of fasteners, location and distances between them are effective on the durability, strength and amount of horizontal deformation of the shear wall. The combination of these factors determines the overall performance of the shear wall and the amount of horizontal deformation. In this study, it was aimed to determine the amount of horizontal deformation in shear walls under lateral load. The study examines the impact of structural and technological factors on plywood shear walls made of black pine and spruce wood species. The research evaluates a number of variables such as wood type (black pine and spruce), plywood board thicknesses, fiber orientation (perpendicular and parallel to the fibers), imperfections, fastener size (6d and 8d). Insulation materials used in shear walls (such as Extruded Polystyrene (XPS), Expanded Polystyrene (EPS)) were also taken into consideration and the amount of horizontal deformation under lateral load was. The results of the research showed that shear walls covered with black pine plywood generally undergo more horizontal deformation than spruce, and shear walls produced in parallel with the fibers generally have higher horizontal deformation values.

Keywords: Plywood, Shear wall, Horizontal deformation

1. Giriş

Depremler; doğal afetlerin en yıkıcı biçimlerinden birisi olup, yaşamlar, altyapılar ve halk sağlığını etkileyen en önemli doğa olaylarından birisidir (Ghamry vd., 2023; Mavrouli vd., 2023). Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizi de tehdit eden en önemli doğal afetler arasındadır (Özer ve Kuşak, 2021). 1999 yılında ülkemizde meydana gelen deprem, büyük bir can ve mal kaybına sebep olmuştur. Bu olayın ardından, deprem bilincinin artırılması ve depreme dayanıklı yapıların geliştirilmesi için çalışmalara büyük

önem verilmiştir. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2012-2023 Deprem Stratejisi ve Eylem Planı kapsamında, depreme dayanıklı binaların tasarımı, malzeme kullanımı ve standartlarıyla ilgili çalışmaları destekleme kararı alınmıştır. Bu plan, ulusal düzeyde depreme dayanıklı yapıların inşası ve geliştirilmesine yönelik çeşitli tedbirlerin ve yönergelerin belirlendiği bir stratejiyi içermektedir. Bu çalışmalar, özellikle deprem riski yüksek bölgelerde yaşayan insanların güvenliği ve yapıların dayanıklılığını artırmayı hedeflemektedir (AFAD, 2013). 6 Şubat 2023'te ülkemizde çok fazla can (resmi rakamlara göre 50 000'den fazla ölüm)

✉ ^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): ugurbirinci@ktu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.06.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 20.02.2024



Citation (Atf): Yücesoy, D., İlhan, O., Birinci, A.U., Demirkır, C., 2024. Perde duvarların yanıl yük dayanımı üzerine kaplama elemanı ve yalıtım malzemesinin etkisinin araştırılması. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 64-70.
DOI: [10.18182/tjf.1310920](https://doi.org/10.18182/tjf.1310920)

ve mal kaybına sebep olan iki büyük deprem meydana gelmiştir (Jiang vd., 2023). Depremi etkisi alanı içinde kalan bölgede toplamda 2 618 697 bina bulunmakta ve Türkiye ekonomisi üzerindeki yükü yaklaşık 103,6 milyar dolar düzeyindedir (Akgül ve Etili, 2023). 6 Şubat 2023 Türkiye'nin Güney Bölgesi'nde meydana gelen depremde, bölgede betonarme taşıyıcı sisteme sahip yapıların %86,7'si binalardan %95,4'ü dairelerden, çelik taşıyıcı sisteme sahip yapıların %2,4'ü binalardan %0,4'ü dairelerden, yığma taşıyıcı sisteme sahip yapıların %3,5'i binalardan %1,3'ü dairelerden, prefabrik taşıyıcı sisteme sahip yapıların %3,6'sı binalardan %0,6'sı dairelerden ve ahşap, karma veya tanımlanamayan taşıyıcı sisteme sahip yapıların %3,9'u binalardan %2,3'ü dairelerden oluşmaktadır. Deprem sonunda 35 355 bina yıkılmış ve 179 786 bina ağır hasarlı olarak belirlenmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023). Deprem bölgelerindeki binaların taşıyıcı özelliği betonarme ağırlıklı olup yüzdümlü dilimim büyük bir bölümünü karşılamaktadır. Ahşap taşıyıcı sisteme sahip binaların yüzdümlü kısmı çok küçük değerlerde kalmıştır. Fakat ABD, Kanada, Japonya ve Avustralya gibi deprem riski taşıyan ülkeler, ilerleyen teknoloji imkânlarından faydalanarak ahşap yapı inşasına devam etmişlerdir (Gezer vd., 2021).

Ülkemizde depremler sonucunda büyük can ve mal kayıpları yaşanmış ve bu nedenle gelecekte benzer kayıpların önlenmesi amacıyla ahşap yapılar tercih edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Demirkır, 2012). Hafif çerçevesiz ahşap yapılar, Kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika'da düşük katlı konutlardan kamu binalarına, ticari ve endüstriyel yapılara kadar geniş bir alanda deprem ve rüzgâr gibi ani yanal yüklerle başa çıkabilme kabiliyetleri nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir (Liu vd., 2021). Fakat, ülkemizde ahşap yapılar çok eski bir tarihe sahip olmalarına rağmen terk edilmiştir. Son dönemde ise ahşap yapılar, inşaat sektöründe karbon ayak izini azaltmaya yönelik çabalara, deprem riskine, çevresel kaygılara, iklim değişikliği ile mücadeleye ve ahşap yapı endüstrisindeki teknolojik gelişmelere bağlı olarak önemli bir alternatif yapı malzemesi olarak yeniden değerlendirilmektedir. Ayrıca devlet desteklerindeki artış da ahşap yapıların tercih edilmesini teşvik etmektedir.

Deprem bölgesinde, sismik yükleri absorbe etmek ve büyük yer değiştirmeleri engellemek amacıyla perde duvarlar, taşıyıcı sistem olarak tercih edilmektedir (Garip ve Eren, 2022). Depreme dayanıklı yapı tasarımında tercih edilen perde duvarlar, deprem ve rüzgâr gibi yatay yüklerle başa çıkabilme yetenekleri nedeniyle yapısal taşıyıcı eleman olarak kullanılmaktadır (Değer vd., 2023). Perde duvarlarda deprem sonrası görülen hasarlar genellikle kesme, eğilme ve kayma hasarı şeklindedir. Perde duvarlar, çerçevelere yerleştirilen boyutsal kerestelerin kolon ve kiriş olarak kullanıldığı yapı sistemleridir. Bu çerçevelere çeşitli bağlantı elemanlarıyla monte edilen kontrplak veya OSB gibi yapısal ahşap levhalar, perde duvarlara süneklik ve rijitlik kazandırarak yapının dayanıklılığını artırır ve ani kuvvetleri bütün yapıya dağıtarak etkisini azaltmaktadır (Van De Lindt ve Walz, 2003). Özellikle çatı ve zeminlerde oluşabilecek yanal yükler, perde duvarlar sayesinde kontrol altına alınır ve çatı veya zemin parçalarının desteklerinden ayrılmasını engellemektedir (Shadravan ve Ramseyer, 2018). Araştırmalar, kontrplak kaplı perde duvarların çimento, alçı ve OSB levhalara göre daha fazla yanal yükü dayanıklı olduğunu ortaya koymuştur (Demirkır, 2012). Bu nedenle, kontrplak kaplı perde duvarlar deprem durumunda yapıyı

çökmeden tutarak daha fazla deformasyon ve yer değişimi sağlar ve yapıya ek rijitlik katmaktadır (Bott, 2005; Demirkır vd., 2013). Perde duvarların yanal dayanımı, kırılma direnci, eğilme direnci, rijitlik ve süneklik gibi faktörlerden etkilenmektedir (Demirkır, 2012).

Ülkemizde enerji tüketimi başta sanayi olmak üzere konutlarda ve diğer alanlarda her yıl giderek artmaya devam etmektedir. Özellikle konutlarda bu tüketim daha çok ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını karşılamada daha fazladır (Özel ve Çakmak, 2023). Enerjinin daha verimli kullanılması için bina dış duvarlarına ısı yalıtımının uygulanması önemli bir parametredir. Binalarda ısı yalıtımı sayesinde yaz ve kış şartlarında ısı konforu sağlamak için tüketilen enerji azaltılmış olur. Isı yalıtımı, bir binanın inşaat aşamasındaki maliyetinin genellikle %1 ile %3 arasında olmasına rağmen, uzun vadede enerji tasarrufu ve işletme maliyetlerinde azalma sağlayarak ekonomik bir yatırım olarak değerlendirilebilir. Yapılan ısı yalıtımı yatırımı, binanın özelliklerine bağlı olarak sağlanan enerji tasarrufu ile 2-5 yıl içinde kendisini amorti edebilir (İzoder, 2017). Yapılarda yaygın olarak kullanılan yalıtım malzemeleri arasında cam yünü, taş yünü, geliştirilmiş polistren (EPS), ekstrüde polistren (XPS), poliüretan köpüğü, ahşap yünü, polietilen köpüğü, elastomerik kauçuk köpüğü, poliiolefin köpüğü, fenol köpüğü, cam köpüğü, geliştirilmiş perlit levhalar, geliştirilmiş mantar ve ahşap lifli levhalar bulunmaktadır (Özen, 2016). Bu çalışmada perde duvarlara 2 farklı EPS ve XPS yalıtım malzemesi eklenerek test grupları oluşturulmuştur. EPS, ilk kez 1952 yılında Alman BASF firması tarafından üretilmiş ve 'Styropor' adı altında dünyaya tanıtılmış yapay bir organik ısı yalıtım malzemesidir. Styropor, termoplastik bir malzeme olup, günümüzde dünya genelinde ve Türkiye'de inşaat sektöründe en çok kullanılan yalıtım malzemelerinden biridir (Akıncı, 2007). XPS, polistren sert köpüğün banttan çekilerek üretildiği özel bir türdür. Bu malzemenin hücre yapıları ve dağılımı homojen bir karaktere sahiptir. Isıl iletkenlik katsayıları, EPS'ye kıyasla daha düşüktür. Levhaların kapalı hücre yapıları, su emme durumlarını daha da azaltır. Yoğunlukları 25-45 kg/m³ arasında değişiklik gösterir. Bu malzemenin önemli bir özelliği, yüksek basınç karşı direnç gösterme kabiliyetidir. Ek olarak, su buharı direnç faktörleri de yüksektir. Isıl iletkenlik açısından; 33 kg/m³ yoğunluğundaki XPS, $\lambda=0,026$ W/mK değerine sahiptir (Akıncı, 2007).

Ahşap malzeme kullanılarak inşa edilen hafif çerçevesiz yapılar ve perde duvarların yapısal özellikleri üzerine literatürde birçok çalışma bulunmaktadır (Shadravan ve Ramseyer, 2018; Bagheri ve Doudak, 2020; Way vd., 2020; Liu vd., 2021).

Bu çalışmada, yalıtım uygulanan karaçam ve ladin ağaç türlerinden üretilen kontrplak kaplı perde duvarların statik yanal yük altında meydana gelen yatay deformasyonlarını belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, farklı ağaç türleri, lif yönleri, çivi ölçüleri ve yalıtım malzemeleri kullanılarak perde duvarlar tasarlanmış ve bu değişkenlerin perde duvarların yatay deformasyon miktarları üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal ve kontrplak üretimi

Bu çalışmada ağaç türleri olarak kontrplak imalatında çoğunlukla tercih edilen, ülkemizde yetişen iğne yapraklı

ağaç türlerimizden Karaçam (*Pinus nigra*) ve Doğu ladini (*Picea orientalis*) ağaç türü olarak seçilmiştir. Kontrplakların üretimi için ortalama 40 cm çapı olan kaplama üretim tomrukları temin edilmiştir. Kontrplak endüstrisinde dış mekanlarda kullanılan fenol formaldehit (FF) tutkal türü olarak tercih edilmiştir.

Tomrukları soyma işlemi, soyma makinesinin yatay açıklığının kaplama kalınlığına oranı %85'i olacak şekilde ayarlanıp, düşey açıklığın ise 0,5 mm olarak ayarlanması ile 2 mm kalınlığında ve 1,20x2,40 m boyutunda kaplamalar üretilmiştir. Daha sonra kaplamalar 110 °C sıcaklıkta kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Bu çalışmada, dört silindirik bir tutkallama makinesi kullanılarak kaplamaların bir yüzeyine 160 g/m² olacak şekilde tutkal çözeltisi uygulanmıştır. Perde duvarlarda kullanılacak kontrplak kaplama malzemesinin Eurocode 8 (2004) standardına göre minimum 9 mm kalınlık gerekliliği esas alınmıştır. Bu doğrultuda, 7 tabakalı ve 14 mm kalınlığında kontrplak levha taslağı üretimi gerçekleştirilmiştir. Levha taslakları, çok katlı hidrolik pres makinesi kullanılarak preslenmiştir. Kontrplak levhalarının boyutları 1,20x2,40 m olarak belirlenmiş olup, presleme işlemi için sıcaklık 140 °C ve pres basıncı 8 kg/cm² olarak ayarlanmıştır. Presleme süresi, levha kalınlığı esas alınarak hesaplanmış ve 7 tabakalı, 2 mm'lik kaplamalardan oluşan kontrplaklar için toplamda 14 dakika olarak uygulanmıştır.

2.2. Yalıtım malzemeleri

Bir malzemenin "ısı yalıtım malzemesi" olarak isimlendirilebilmesi için CEN ve ISO standartları gereği ısı iletim katsayısı (λ) değerinin 0,065 W/mK'dan daha küçük olması gerekmektedir (Köken ve Kanık, 2022). Buna bağlı olarak 0,065 W/mK değerinin altındaki malzemeler ısı yalıtım malzemesi, üzerinde olan malzemeler de yapı malzemesi olarak tanımlanmaktadır (TS 825, 2009; TS EN 13171, 2010).

Bu çalışmada yalıtım malzemesi olarak EPS (Genleştirilmiş polistren) ve XPS (Ekstrüde polistren) kullanılmıştır. EPS ve XPS, aynı temel malzeme olan polistren reçineden üretilmiş kapalı hücreli sert bir yalıtım malzemesidir (Voith vd., 2023). EPS bir binanın duvarları için uzun süreli, kapalı hücre yapısı sayesinde neme karşı mükemmel bir koruma sağlamaktadır. XPS de kapalı hücreler arası boşluk yoktur ve bu sayede yapısı homojen olup kolaylıkla parçalara ayrılmaz, basınca ve neme karşı dirençlidir (Lassen vd., 2019). EPS ve XPS yalıtım malzemelerinin en fazla kullanım alanı inşaat sektörüdür. Çizelge 1'de EPS ve XPS'nin teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1. EPS ve XPS teknik özellikleri

Teknik özellik	EPS	XPS
Yoğunluk (kg/m ³)	16	30
Termal iletkenlik (W/mK)	0,039	0,03
R değeri (Yaklaşık 24 °C, m ² K/W)	4,1	5,0
Basınç direnci (kPa)	50	100
Levha ebatları (cm)	60x120x3	60x120x3

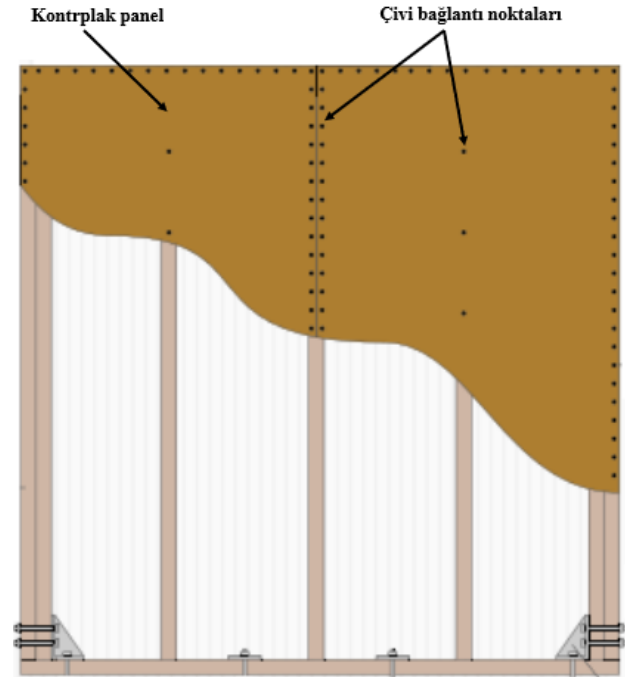
2.3. Perde duvarların üretimi

Perde duvarın montajı için 0,5x0,1x2,4 m boyutunda ladin keresteleri kullanılarak çerçeve elemanları oluşturulmuştur. Üst ve kenar kısımlarında ise ikişer keresten oluşan kirişler eklenmiştir. Her bir levha grubunun çerçevesini test etmek için 12 adet kereste kullanılmış ve her bir levha grubuna 2 tekrarlı şekilde 2 çerçeve sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan her çerçeve sistemi, üzerine 1,2x2,4 m boyutunda 2 adet kontrplak levha çivilenerek tamamlanmıştır. Bu şekilde, 2,4x2,4 m ölçülerine sahip perde duvarlar oluşturulmuştur. Perde duvarın zeminle olan bağlantısı, beton zeminler için uygun olan bağlantı elemanlarıyla sağlanmıştır. Şekil 1'de perde duvarın deneysel tasarımı APA (2007) tarafından gösterilmiştir.

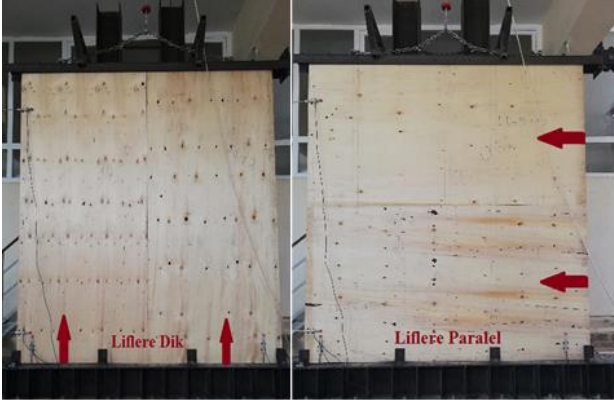
Kontrplak levhaları perde duvarlara bağlamak için 6d ve 8d çivi gibi bağlantı elemanları kullanılmıştır. Bu çiviler, çelikten yivli olarak üretilmiş ve hava tabancasıyla rulo halinde tel dizili olarak temin edilmiştir. Çivilerin başlıklarının çapları 6 mm ve 8 mm'dir. Perde duvarların kaplanması için kontrplak levhaları iki farklı lif yönlendirme tasarımı kullanılarak uygulanmıştır. Bu tasarımlar Şekil 2'de gösterilmektedir.

Perde duvarlar üretildikten ve zemine montajı tamamlandıktan sonra, kaplanmayan yüzeydeki çerçeve boşluklarına EPS ve XPS levhaları yerleştirilmiş ve testleri gerçekleştirilmiştir. Duvarların arka yüzeyini kaplayan yalıtım malzemelerine ait görseller Şekil 3'te sunulmuştur.

Bu çalışma kapsamında, toplamda 2 ağaç türü için 16 perde duvar grubu oluşturulmuştur. Her bir ağaç türü için 2 farklı lif yönü, 2 farklı çivi ölçüsü ve 2 farklı yalıtım malzemesi kombinasyonları kullanılarak bu gruplar oluşturulmuştur. Çizelge 2, çalışmanın bir parçası olarak oluşturulan levha gruplarını detaylı bir şekilde göstermektedir.



Şekil 1. Perde duvar deneysel gösterimi (APA, 2007)



Şekil 2. Kontrplak lif yönüne göre tasarımı yapılan perde duvarların gösterimi



Şekil 3. Perde duvarların yalıtım malzemesiyle kaplanması.

Çizelge 2. Çalışma kapsamında oluşturulan test grupları

Grup no	Ağaç türü	Lif yönü	Çivi ölçüsü	Yalıtım malzemesi	
1	Karaçam	Dik	6d	EPS	
2				XPS	
3				Paralel	EPS
4					XPS
5		Dik	EPS		
6			XPS		
7			Paralel	EPS	
8				XPS	
9	Dik	EPS			
10		XPS			
11		Paralel	EPS		
12			XPS		
13	Dik		EPS		
14			XPS		
15		Paralel	EPS		
16			XPS		

Çizelge 3. Perde duvarların yatay deformasyon miktarları (mm)

Grup no	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_h
1	48,7727	14,5944	27,2334	1,74848	8,69338
2	57,598	10,016	29,9021	4,29451	21,97441
3	60,4518	19,4428	34,7672	7,22705	13,46885
4	61,2558	18,154	44,2028	3,93255	2,83155
5	67,2519	2,22168	12,3559	1,12271	53,79703
6	71,4804	4,14877	12,2516	1,4724	56,55243
7	69,6515	3,40617	18,9204	1,73621	49,06114
8	65,4414	7,64086	29,8653	4,04298	31,97822
9	57,8374	8,9972	35,2334	5,65035	19,25715
10	54,8608	9,62933	30,1168	6,72398	21,83865
11	38,8671	6,63436	23,0309	2,91413	12,11597
12	35,2278	5,83038	19,1781	1,63192	11,85124
13	40,4137	5,34554	6,60742	5,38041	33,84115
14	51,0066	3,15454	8,52154	2,98775	42,31827
15	61,0287	1,91482	30,2702	2,71168	31,55536
16	66,2147	2,4549	36,4972	2,72395	29,98655

* Δ_1 - Δ_2 - Δ_3 - Δ_4 . Farklı noktalardaki LVDT'lerin ölçtüğü yer değiştirme miktarlarını ifade etmektedir.

2.4. Ahşap çerçeve perde duvar analizi testi

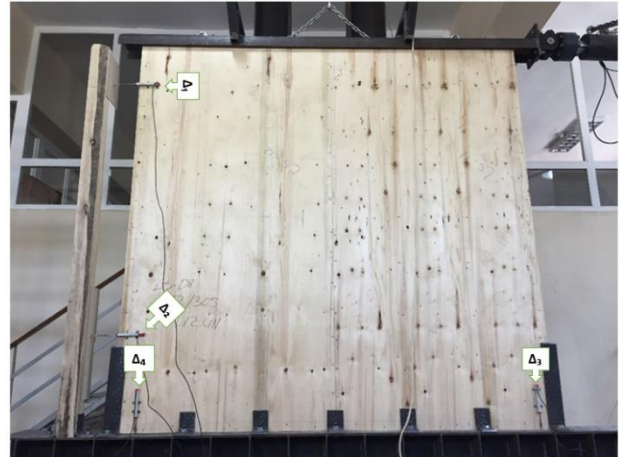
Bu çalışma kapsamında, oluşturulan perde duvarların yanal yük altındaki dayanıklılıkları ASTM E 72 (2014) standardına göre analiz edilmiştir. Perde duvarlara sırasıyla 3,5 kN, 7,0 kN ve 10,5 kN'lik doğrusal yükler uygulanmış ve geri çekilme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında, duvar başarısızlığa uğrayana kadar veya toplam yer değiştirme miktarı 100 mm'ye ulaşana kadar maksimum yüklemeye uygulanmıştır. Her aşamada, perde duvarlardaki yer değiştirmeler, Şekil 4'te görüldüğü gibi 4 farklı noktadan LVDT (Doğrusal Değişken Diferansiyel Transformatörler) kullanılarak ölçülmüştür.

Analiz sonuçlarına göre, maksimum yüke maruz kalan duvarların yatay deformasyonları (Δ_h), LVDT'lerin ölçtüğü yer değiştirme miktarlarına bağlı olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\Delta_h = \Delta_1 - \Delta_2 - (\Delta_3 - \Delta_4) \text{ mm} \quad (1)$$

3. Bulgular ve tartışma

Çalışma kapsamında oluşturulan perde duvar modellerinin maksimum yüke ulaştıktan sonraki ölçümleri ve hesaplanan yatay deformasyonları Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 4. Perde duvarın LVDT ölçümleri

Analizler sonucunda, ASTM E 72 (2014) standardına göre perde duvarlarda meydana gelen yatay deformasyonlara ait sonuçlar Çizelge 3'te incelenmiştir. Bu sonuçlara göre aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- Karaçam kontrplakların liflere paralel olarak 6d çivilerle birleştirildiği durumda, XPS eklenen grup (Grup 6), en yüksek yatay deformasyon değerlerini göstermiştir. Ladin kontrplaklarda ise liflere paralel olarak 6d çivilerle birleştirilen ve XPS kullanılan grup (Grup 14), en yüksek yatay deformasyon değerlerine sahip çıkmıştır.
- En düşük yatay deformasyon değerleri ise her iki ağaç türü için de liflere dik yönde, XPS ile birleştirilen perde duvarlardan elde edilmiştir (Grup 4-12). Bu durum, yapıların rijitliklerini artırarak dayanıklılıklarını etkileyen bir faktör olan stabilite açısından olumlu bir sonuç olarak değerlendirilebilir.

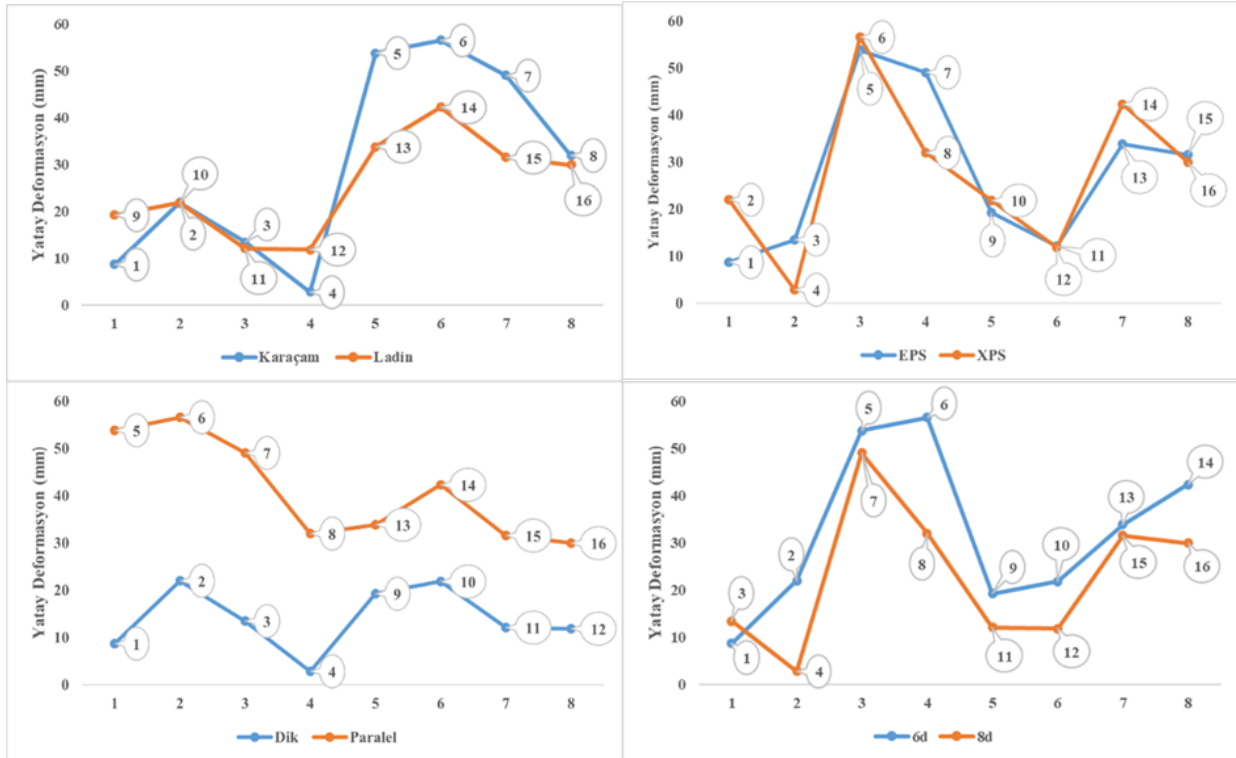
Perde duvarların oluşturulmasında dikkate alınan değişkenlerin (ağaç türü, lif yönelimi, çivi ölçüsü ve çivi aralığı) yatay deformasyon miktarı üzerindeki etkilerini daha iyi görmek için sonuçlar Şekil 5'te grafiksel olarak sunulmuştur. Bu grafikler, değişkenlerin perde duvarların yatay deformasyonuna olan etkilerini görsel olarak analiz etmek için kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında ağaç türünün perde duvarların yatay deformasyon değerlerine etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar genel olarak iki ağaç türü arasında benzer deformasyon değerleri gösterse de karaçamdan üretilen perde duvarlarda genellikle ladin ile üretilen gruplara kıyasla daha yüksek deformasyon değerleri tespit edilmiştir. Bu durum, karaçamın mekanik özellikleri, yoğunluğu ve lif yapısının ladin ile farklı olabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar,

ağaç türünün perde duvarların performansına etkisini anlamada ve yapısal tasarım sürecinde doğru malzeme seçimi yapmada önemli bir bilgi sağlamaktadır.

Perde duvarlarda kullanılan yalıtım malzemesinin yatay deformasyon üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kullanılan iki farklı yalıtım malzemesinde benzer yanıl deformasyon değerleri tespit edilmiştir. Bu durum, incelenen yalıtım malzemelerinin benzer mekanik özelliklere sahip olabileceğini veya perde duvarın genel yapısal özellikleri üzerinde yalıtım malzemesinin etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, perde duvarların yanıl deformasyon performansının yalıtım malzemesi seçimiyle doğrudan ilişkili olmadığını göstermektedir. Ancak, diğer performans özellikleri ve enerji verimliliği gibi faktörler yalıtım malzemesi seçiminde önemli olabilir ve ileri çalışmalarda daha detaylı incelenmesi önerilir.

Perde duvarlarda kullanılan kontrplak levhaların montajında lif yönünün etkisi incelenmiştir. Hem karaçam hem de ladin kontrplaklarla kaplanmış perde duvarlarda, levhaların çerçeveye liflere paralel olarak konumlandırılmasının, liflere dik olarak konumlandırılanlara göre duvarlarda daha yüksek yatay deformasyonlara neden olduğu belirlenmiştir. Benzer çalışmalarda da liflere paralel olarak üretilen perde duvarların yer değiştirme miktarının, liflere dik olarak imal edilenlere göre daha büyük olduğu bulunmuştur (Han vd., 2018; Demir vd., 2021). Kho (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, liflere dik olarak monte edilen bağlantıların, kontrplakların yarılma eğilimi nedeniyle önemli ölçüde daha düşük yer değiştirme değerlerine sahip olduğu ve bu nedenle liflere paralel olarak çivilenen bağlantılara göre %12-45 daha düşük süneklik gösterdiği belirtilmiştir.



Şekil 5. Üretim değişkenlerinin perde duvarların yatay deformasyon değerlerine etkisi

Perde duvarlarda kullanılan çivi türlerinin kontrplağın montajı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, her iki ağaç türü için de 6d çivilerin kullanılması, 8d çivilerden daha yüksek yatay deformasyon değerlerine yol açmıştır. Bu sonuçlar, daha önce yapılan bir çalışmada da desteklenmektedir, burada 6d çivilerin kullanımının perde duvarların yer değiştirmelerini artırdığı belirtilmiştir (Philip vd., 2008).

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, ülkemizde yetişen karaçam ve ladin ağaç türlerinden üretilen kontrplak kaplı perde duvarların yanıl yük altındaki yatay deformasyonlarını belirlemeyi amaçlamaktadır. Test sonuçlarına göre, perde duvarların yanıl yük altındaki performansı değerlendirilmiştir. Karaçam kontrplaklarla kaplanmış perde duvarlar arasında en yüksek süneklik özelliğine sahip grup, Grup 6 olarak belirlenmiştir. Bu grup, liflere paralel olarak 6d çivilerle monte edilen ve XPS yalıtım malzemesinin eklenmiş olduğu perde duvarları içermektedir. Benzer şekilde, ladin kontrplaklarda en yüksek süneklik Grup 14 tarafından gösterilmiştir. Bu grup da liflere paralel olarak 6d çivilerle monte edilen ve XPS yalıtım malzemesi eklenen perde duvarları içermektedir. Çalışmada kullanılan XPS yalıtım malzemesi EPS yalıtım malzemesine göre daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre, yalıtım malzemesi olarak XPS tercih edilmesi önerilmektedir.

Perde duvarların üretim parametrelerinin yatay deformasyon değerleri üzerindeki etkisini incelediğimizde, her iki ağaç türünde de liflere paralel perde duvar üretiminin deformasyonları artırdığı açıkça görülmüştür. Buna göre, perde duvar üretimi yapılırken kontrplakların liflere paralel olarak perde duvar üretimi yapılması önerilmektedir.

Çivi ölçüsünün etkisi incelendiğinde ise her iki ağaç türünde de benzer şekilde yüksek bulunmuştur. Özellikle 6d çivi ölçüsü, deformasyonları artıran bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Perde duvar üretiminde 6d çiviler kullanılması önerilmektedir.

Ağaç türü olarak genel olarak karaçam perde duvarların daha fazla yatay deformasyona maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Buna göre, üretilecek perde duvarların kontrplak seçiminde karaçam tercih edilmesi önerilmektedir.

Elde edilen sonuçlar, hafif karkas ahşap yapı sistemlerinin depreme dayanıklılığını artırmak için tasarım parametrelerinin belirlenmesi açısından önemli bir değer taşıdığı düşünülmektedir.

Kaynakça

AFAD, 2013. Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı 2012-2023. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, <https://deprem.afad.gov.tr/assets/udsep/UDSEP2023.pdf>, Erişim: 16.02.2024.

Akgül, M., Etlü, S., 2023. 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık, Elbistan) Depremleri Sonrası Betonarme Binalarda Gözlenen Hasar Durumları. Uluslararası Bilimsel ve Yenilikçi Çalışmalar Konferansı ICSIS 2023, 18-20 Nisan, Konya, Türkiye, s. 309-318.

Akıncı, H., 2007. Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri, Özellikleri, Uygulama Teknikleri Ve Fiyat Analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

American Society for Testing and Materials (ASTM) E 72, 2014. Standard Test Methods of Conducting Strength Tests of Panels for Building Construction, West Conshohocken, ASTM Standards, USA.

APA-The Engineered Wood Association., 2007. Introduction to Lateral Design, Tacoma.

Bagheri, M.M., Doudak, G., 2020. Structural characteristics of light-frame wood shear walls with various construction detailing. *Engineering Structures*, 205: 110093.

Bott, J. W., 2005. Horizontal stiffness of wood diaphragms. Master Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA.

Değer, Z., Kaya, G. T., Sütcü, F., 2023. Betonarme perdelerde enerji sönmülme kapasitesinin meta-modelleme yöntemleriyle incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(4): 2311-2324.

Demir, A., Birinci, A. U., Öztürk, H., 2021. Yerli ağaç türlerinden üretilen kontrplak kaplı perde duvarların yanıl yük altındaki performansı. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2): 528-535.

Demirkır, C., 2012. Çam türlerinden elde edilen kaplamaların yapı maksatlı kontrplak üretiminde değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Demirkır, C., Colakoglu, G., Karacabeyli, E., 2013. Effect of manufacturing factors on technological properties of plywood from northern turkey and suitability of panels for use in shear walls. *Journal of structural engineering*, 139(12): 04013002.

Eurocode 8, 2004. Design of structures for earthquake resistance. European Committee for Standardization, Brussels.

Gariip, Z.Ş., Erhan, E., 2022. Perde duvarlı ve çerçevesiz betonarme binalarda deprem tasarım sınıflarının bina maliyetine etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10(2): 700-715.

Gezer, E.D., Demirkır, C., Özdemir, T., 2021. Türk ahşap konut örneği Nemlioğlu Konağı'nın mekanik direnç özelliklerinin tahribatsız test teknikleriyle incelenmesi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(2): 138-144.

Ghamry, E., Mohamed, E.K., Sekertekin, A., Fathy, A., 2023. Integration of multiple earthquakes precursors before large earthquakes: A case study of 25 April 2015 in Nepal. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 242: 105982.

Han, Z., Dong, W., Song, B., 2018. Experimental study on nail joint shearing properties of light frame wooden shear walls. *Engineering and Applied Sciences*, 3(4): 113-120.

İzoder, 2017. Isı Yalıtımı Bilgilendirme Kitapçığı, İstanbul.

Jiang, X., Song, X., Li, T., Wu, K., 2023. Moment magnitudes of two large Turkish earthquakes on February 6, 2023 from long-period coda. *Earthquake Science*, 36(2): 169-174.

Kho, D., 2018. Seismic performance of timber-steel hybrid systems with infilled plywood shear walls. Master Thesis, Master of Civil Engineering, University of Canterbury, New Zealand.

Köken, A., Kamk, M., 2022. Aerojellerle ısı yalıtımı ve tekstil uygulamaları. *Tekstil ve Mühendis*, 29(128): 249-260.

Lassen, C., Warming, M., Kjølholt, J., Jakobsen, L.G., Vrubliauskiene, N., Novichkov, B., Bach, L., 2019. Survey of polystyrene foam (EPS and XPS) in the Baltic Sea. COWI A/S, Lyngby.

Liu, Y., Gao, Z., Ma, H. W., Gong, M., Wang, H., 2021. Racking performance of poplar laminated veneer lumber frames and frame-shear hybrid walls. *BioResources*, 16(1): 354.

Mavrouli, M., Mavroulis, S., Lekkas, E., Tsakris, A., 2023. The impact of earthquakes on public health: A narrative review of infectious diseases in the post-disaster period aiming to disaster risk reduction. *Microorganisms*, 11(2): 419.

Özel, M., Çakmak, F.A., 2023. Farklı yönlendirmeli bina dış duvarlarında faz değiştirme malzeme kullanımının ısı kazancına etkisinin araştırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 35(1): 413-424.

Özen, O., 2016. Konut Yöneticileri için Yalıtım. *İzoder*, 118:8-13.

- Özer, Ş., Kuşak, L., 2021. Deprem Sonrası Geçici Afet Toplanma Alanlarının Tespiti. Uluslararası Jeoinformatik Öğrenci Sempozyumu (IGSS), 28-29 Haziran, Mersin, Türkiye. s. 22-26.
- Philip Line, P. E., Ned Waltz, P. E., Tom Skaggs, P. E., 2008. Seismic equivalence parameters for engineered wood frame wood structural panel shear walls. *Wood Design Focus*, 18(2): 13-19.
- Shadravan, S., Ramseyer, C.C., 2018. Investigation of wood shear walls subjected to lateral load. *Structures*, 16: 82-96.
- TS EN 13171, 2010. Isı yalıtım mamulleri-Binalarda kullanılan Fabrika yapımı odun lifli (wf) mamuller-Özellikler. TSE, Ankara.
- TS 825, 2009. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları. TSE, Ankara.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023. 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Ankara, <https://www.sbb.gov.tr/2023-kahramanmaraş-ve-hatay-depremleri-raporu/> Erişim: 16.02.2024.
- Van De Lindt, J.W., Walz, M.A., 2003. Development and application of wood shear wall reliability model. *Journal of structural Engineering*, 129(3): 405-413.
- Voith, K., Spisák, B., Petrik, M., Szamosi, Z., Szepesi, G.L., 2023. Non-Conventional Reinforced EPS and Its Numerical Examination. *Processes*, 11(1): 12.
- Way, D., Sinha, A., Kamke, F.A., 2020. Performance of light-frame timber shear walls produced with weathered sheathing. *Journal of Architectural Engineering*, 26(1): 04019022.

Facility layout planning through the ALDEP Method in the wooden cable reels industry

Melike Nur İnce^a , Çağatay Taşdemir^{b,c,*} 

Abstract: Facility layout planning plays a pivotal role in manufacturing system design, impacting vital metrics such as lead time, handling costs, and space optimization. While a significant portion of research has been invested in refining existing facility layouts, there is a noticeable research gap in devising optimized layouts for new establishments, especially in the value-added wood products domain. Addressing this lacuna, this research focused on designing an efficient department-level layout for a wooden cable drums manufacturing facility in an area of 4150 m². This facility included both office and production areas. The investigative process was segmented into four distinct phases: Deciding the strategic positioning of the facility on the available plot, defining the functional and spatial requirements for each department, establishing the intricate relationship dynamics between these individual units, and rigorously documenting the most optimal department-level facility layout. For precision in layout creation, the ALDEP algorithm was employed, which was further visualized to offer a comprehensive three-dimensional representation. The final layout seamlessly organized seven departments within the 1st Floor Office Area, eight in the 2nd Floor Office Area, and thirteen within the Production Floor. Efficiency evaluation of these areas yielded scores of -811, 184, and -318, respectively. Conclusively, this research furnished actionable insights for manufacturers within the wood products sector and was expected to be an invaluable reference for academics delving into facility planning and value-added wood products manufacturing.

Keywords: Facility Layout Planning, Wood Products Industry, ALDEP Algorithm

Ahşap kablo makarası endüstrisinde ALDEP Yöntemi ile tesis yerleşim planlaması

Özet: Tesis yerleşimi planlaması, üretim sistemi tasarımında önemli bir rol oynamaktadır ve teslimat süresi, taşıma maliyetleri ve alan optimizasyonu gibi önemli metrikleri etkilemektedir. Mevcut tesis yerleşimlerini iyileştirmek için önemli sayıda araştırma yapılmış olsa da özellikle katma değerli orman ürünleri alanında yeni kuruluşlar için optimize edilmiş yerleşimler tasarlama konusunda belirgin bir araştırma açığı bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında 4150 m²'lik bir alana sahip ahşap kablo makaraları üretim tesisinde bölümler düzeyinde verimli bir yerleşim planı tasarlanmasına odaklanılmıştır. Yerleşim planlaması gerçekleştirilen tesis hem ofis hem de üretim alanlarını içermektedir. İnceleme süreci dört farklı aşamaya ayrılmıştır: Tesise uygun arazi üzerinde stratejik konumun belirlenmesi, her bölüm için işlevsel ve mekânsal gereksinimlerin tanımlanması, bu ayrışık birimler arasındaki karmaşık ilişki dinamiklerinin oluşturulması ve en uygun tesis yerleşiminin bölüm düzeyinde titizlikle oluşturulması. Tesis yerleşim planının isabetli bir şekilde gerçekleştirilmesi için ALDEP algoritması kullanılmış olup, bu algoritma sonucunda elde edilen sonuçlar daha sonra kapsamlı üç boyutlu temsiller sunacak şekilde görselleştirilmiştir. Nihai tesis yerleşim planında 1. Kat Ofis Alanı'nda yedi departman, 2. Kat Ofis Alanı'nda sekiz departman ve Üretim Katı'nda on üç departman sorunsuz bir şekilde organize edilmiştir. Bu alanların verimlilik değerlendirilmesi sırasıyla -811, 184 ve -318 skorlarını almıştır. Sonuç olarak, bu araştırma, orman ürünleri sektöründeki üreticiler için eyleme dönüştürülebilir içgörüler sunmuştur ve tesis planlaması ve katma değerli orman ürünleri üretimi alanlarında araştırma yapan akademisyenler için değerli bir referans olması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Tesis Yerleşim Planlaması, Orman Ürünleri Endüstrisi, ALDEP Algoritması

1. Introduction

The rapid increase in world population implies increased consumers, demand, and potential labor force. These factors lead to further growth and development of businesses and allow them to seize market opportunities. The advent of Industry 4.0, which entails the digitization of manufacturing industries, has significantly shifted how manufacturing processes are perceived and executed. New productivity and

efficiency policies and strategies have been implemented to improve business processes, reduce costs, and achieve a robust production flow. Greater productivity means companies could produce more goods or services and generate more income. On the other hand, such policies and strategies allow companies to optimize their production processes, enhance labor productivity, and ensure effective resource and area utilization. This results in lower costs and higher profit margins.

^a Department of Industrial Engineering, Bursa Technical University, Bursa, Türkiye

^b Department of Forest Industry Engineering, Bursa Technical University, Bursa, Türkiye

^c Department of Industrial Engineering (Grad. School), Bursa Technical University, Bursa, Türkiye

^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): cagatay.tasdemir@btu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.08.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 16.02.2024



Citation (Atıf): İnce, M.N., Taşdemir, Ç., 2024. Facility layout planning through the ALDEP method in the wooden cable reels industry. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 71-80. DOI: [10.18182/tjf.1339018](https://doi.org/10.18182/tjf.1339018)

One of the manufacturing sectors that the new industrial trends have impacted is the wood products industry, and there has been an increasing trend towards value-added manufacturing in the wood products industry, including the production of wooden cable drums. Value-added wood products, such as wooden cable drums, offer higher profit margins and create more jobs per unit of wood used compared to commodity-level products. The global cable drums market is expected to grow at a CAGR of 4.1% from 2019 to 2026, with wooden cable drums having the largest market share. The market's growth has been driven by the increasing demand for wooden cable drums in the oil and gas, construction, telecommunications, and manufacturing industries (Amar and Onkar, 2020). Wooden cable drums are a sustainable and cost-effective alternative to plastic and metal cable drums. In recent years, like any other manufacturing industry, the growth potential and global industrial trends have brought the industry into focus for facility layout planning research to adjust for the changing market conditions and become more flexible.

Facility layout planning is a strategic decision that could directly influence lead time, material handling costs, and effective space utilization; therefore, it is regarded as one of the most critical aspects of the manufacturing system design. The facility layout determines the arrangement of existing departments, the movement areas of machines, equipment, and workers within these departments, and the arrangement of individual work centers or stations. Arrangement of individual work centers or workstations within the departments involves ergonomics, work, and motion studies, and a layout plan is prepared based on the results of these studies (Eryiğit, 2000). Businesses with a good layout plan could effectively regulate operational flow, optimize business processes, increase worker productivity, and aim to increase efficiency by preventing unnecessary movements and associated costs. Ergonomically sound workstations and arrangements allow workers to perform tasks more efficiently and effectively. As a result, employee satisfaction increases, and productivity rises. Additionally, it may also have an impact on the quality of customer service of the company. A good layout plan enhances the ability to provide fast and effective service to customers.

On the other hand, businesses could face various problems when they disregard the layout plan. A poorly planned layout could affect the business's operations and negatively impact productivity. When workstations, warehouses, or office spaces are haphazardly arranged, business processes may become unclear and congested, which could cause a disrupted workflow. The natural result of such a disruption could be increased lost time, rework, and errors. In addition, a poorly planned layout hinders the effective use of space. Businesses could face additional costs due to unnecessary space requirements. An unplanned arrangement could also have adverse effects on worker productivity. Workstations without ergonomic adjustments or a disorganized work environment could reduce employee performance and affect employee satisfaction. Furthermore, from the perspective of customers, enduring long delivery times and the inability to easily access desired products could reduce customer satisfaction and even lead to customer loss.

Over the years, several methodologies have been proposed to address the facility layout problem, such as SLP (Systematic Layout Planning), CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning), ALDEP (Automated Layout

Design Program), CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities) and BLOCPLAN (Computerized Block Layout Algorithm). Each method offers unique advantages and could be used in different contexts. In the next section of the study, evidence found in the literature regarding the theory and applications of facility layout planning methods was reviewed.

A review of previous scholarly articles revealed many articles on optimizing in-plant arrangement. Various methods related to such arrangements have been adopted throughout the history of this academic pursuit. An overview of notable contributions to this field was provided as follows.

Turkmen and Ogulata's 2008 work capitalized on the LayOPT software to enhance layout plans, achieved through a detailed analysis of the flow and placement issues within a hospital context (Türkmen and Oğulata, 2008). Ak's 2009 study focused on assessing optimal and heuristic approaches to workplace arrangement, intending to compile a helpful reference source by applying a real-world problem (Ak, 2009). In 2013, Lee explored how Amazon's surging sales growth and expanded product range amplified the intricacy of warehouse storage management. Lee noted the lack of comprehensive data on warehouse storage type allocations as a factor contributing to inefficient allocations and escalated costs. Consequently, a cost model was constructed to suggest cost-efficient warehouse storage type allocations for Amazon's North American Shipping Center network and prospective centers (Lee, 2013).

Andryzio et al. (2014) underscored the importance of thoroughly evaluating factory layouts for seamless operations within a machine manufacturing and industrial equipment company. The evaluation procedure involved the ALDEP algorithm for developing new layout plans and comparing the material handling costs associated with the existing and proposed layouts (Andryzio et al., 2014). Prasad et al. (2014) designed an innovative plant layout utilizing the CRAFT method. The layout was specifically tailored for a typical manufacturing facility that needed to be interlinked with units, necessitating communication facilities in the era of modern industrial technology (Prasad et al., 2014).

The study of Deshpande et al. (2016) featured a case within the alloy steel industry, wherein the CRAFT and ALDEP methodologies were implemented for plant layout. Their findings showed a 0.10% improvement with the CRAFT technique over the existing layout, while the ALDEP technique resulted in a 23% enhancement of the layout, proving superior (Deshpande et al., 2016). In a 2017 study, Suhardini et al. strived to address the cross-traffic issue induced by unsuitable factory layouts to augment a company's production capacity. Their results highlighted a 37.5% increase in production capacity by adding machinery and operators and a 10.98% reduction in material handling cost through layout enhancement (Suhardini et al., 2017).

Tambunan et al. (2018) evaluated two layout planning algorithms, BLOCPLAN and ALDEP, to optimize the production floor layout of a company producing rubber and rubber compounds for retreading tires with hot and cold cooking systems. The paper aimed to discern the most efficient layout by comparing moment displacement and flow patterns. Both algorithms demonstrated their capacity to decrease moment displacement and enhance material flow patterns. Notably, ALDEP resulted in a smaller displacement value than the original layout, although it was larger than that achieved with BLOCPLAN (Tambunan et al., 2018). In their

study, Gutta et al. (2018) presented a review of the plant layout design of Automated Guided Vehicles in a Flexible Manufacturing System. The article covered many topics, such as layout design, location of loading and delivery points, and flow path design. In addition, results obtained from different models and publications in the literature were classified (Gutta et al., 2018).

In another study, Suhardini and Rahmawati (2019) used computerized algorithms, CRAFT and ALDEP, to improve an existing layout and found that ALDEP provided 23% lower material handling cost than CRAFT. ALDEP was used to achieve an optimal arrangement, which was then improved with CRAFT. The improved layout outperformed the layout initially created by ALDEP by 6.24% in material handling cost and 15 minutes in processing time. This study demonstrated that combining computerized layout design algorithms could yield better results (Suhardini and Rahmawati, 2019). Tarigan et al. (2019) observed that the material flow was disrupted due to cross movements and distant stations in the production area layout of a rubber gasket manufacturer. This problem has been addressed by improving the production area layout using the CORELAP and ALDEP methods and simulating it with Flexsim software (Tarigan et al., 2019).

In a recent study, Budianto et al. (2020) optimized the layout for a furniture manufacturing company to avoid common project delays. Systematic Layout Planning (SLP) method and the Automated Layout Design Program (ALDEP) methods were comparatively evaluated in this context. The results indicated an improvement of 6.92% in material handling costs with SLP, whereas with the ALDEP method, a gain of 11.14% in material handling cost was achieved. The authors recommended implementing the layout plan developed with the ALDEP method. In addition, among this study's findings, evidence suggesting the applicability of the ALDEP method to the value-added wood products industry was present (Budianto et al., 2020). Burggräf et al. (2021) stated that identifying action fields is a pre-requirement for developing a functional and integrated system for automatic layout design that could be used in practice. For this purpose, they conducted a systematic literature review. They identified the need for actions in multicriteria optimization, the layout evaluation and selection process, the existing implemented algorithms, and the integration of the human planner (Burggräf et al., 2021).

As could be interpreted from the literature review outlined above, different facility layout optimization methods were effectively used to achieve better-performing facilities in manufacturing and service industries. However, most of the past studies primarily focused on improving an existing layout, and the studies aiming to develop an optimized layout plan for a new facility were scarce. Moreover, the facility layout optimization studies address the problem from the value-added wood products industry perspective was absent. Though niche, the wooden cable drum industry presents unique challenges for facility layout planning. The size and variety of wooden cable drums could necessitate a flexible yet efficient layout to ensure smooth, productive, safe, and cost-effective operations. The industry's distinct features require a specialized approach to designing the facility layout. Therefore, this study explored using the ALDEP method for facility layout planning in a newly established wooden cable drum manufacturing facility. ALDEP was developed at IBM and presented by Seehof and Evans

(Seehof et al., 1966). ALDEP was considered an ever-developing foundational algorithm and a program due to the evaluation process of accepting or rejecting a given layout plan. ALDEP could be used to design layouts from scratch without needing a layout plan prepared with preliminary programs. However, it also allows comparison of the solutions that arise, like the method used in a developmental algorithm (Özden, 2016). The ALDEP algorithm could accommodate up to 63 departments or activities in a layout that could cover up to 1 500 area units of 30x50 dimensions and could be used to develop multi-story layout plans up to 3 stories. In addition, it allows constraints to be imposed on the solution; for example, passages that need to be placed, elevator voids, staircase voids, and entrances could be designed around the existing departments. Such capabilities of the method made it suitable for the purposes of this study.

The study's main objective was to develop an efficient and logical department-level facility layout that accounts for the significance of relationships among the departments and, therefore, would have the potential to enhance operational efficiency, reduce material handling and transportation costs, and ultimately contribute to improved company profitability.

2. Materials and method

2.1. Materials

The facility layout planning methodology was deployed onto a new wooden cable drums manufacturing plant planned to be established in Mudanya, Bursa. A wooden cable drum, also commonly known as a cable reel, is a round, drum-like object that carries various types of electrical wires, fiber optic cables, or other kinds of wire products. These drums make transporting and dispensing cable more manageable and efficient. The drum has two main parts: the flanges and the barrel. The flanges are the two circular flat parts at each end of the drum, and the barrel is the cylinder that connects the flanges and onto which the cable is wound (Sydor et al., 2017). Wooden cable drums are often preferred for their cost-effectiveness, ease of availability, and ability to be reused or recycled. After the cable has been used, the wooden drums can be returned to the cable manufacturer for reuse or recycled into other wooden products, thus reducing waste.

The company's target annual production capacity was reported to be one hundred thousand wooden cable drums. The company owners required the production area to consist of 3 sections: the first- and second-floor office areas and the production floor. All three facility sections involved various departments with different functions and varying degrees of relationships. All units were also required to be interconnected with multiple access points. Company executives, the architectural team, and the researchers worked together to identify the name and area requirements of the departments required to form a complete manufacturing facility that would have the ability to produce the planned annual output.

The size of the selected plot, comprised of 4 parcels, for establishing the wooden cable drum manufacturing facility was approximately 14 800 m², and 3 895 m² of the total land size shown in Figure 1 was used for the manufacturing facility. Since the office area section of the facility had a two-story structure, the total floor area of the manufacturing facility added up to 4 150 m². The remaining land area was

spared for other functional units required to conduct business and was deemed out of scope for the purposes of this study.

2.2. Methods

The study was completed in four phases. The definition of the phases, the objective, and the methods used in each phase were summarized in Table 1. In the first phase, the architectural team contoured the allowable construction boundaries of the plotted land size and identified the optimal positioning for the manufacturing facility based on the land characteristics of the four parcels forming the entire lot, especially considering the slope of the parcels. In the second phase, the name and the area requirements of the departments and other functional units to be placed within the facility were determined. In the third phase, the relationships of the departments and other functional units to be placed within the same facility section were identified. Finally, in the last phase of the study, the optimum layout of the departments and the other functional units were carried out consecutively, starting with the 1st Floor Office Area and ending with the Production Floor through the ALDEP algorithm. All 3D illustrations were created using SketchUp 3D Design Software.

2.2.1. ALDEP Method

Despite many different applications of ALDEP, the random selection method was used in this study. The basis of

ALDEP and this method was the random selection of a department and the start of the design by placing it in the layout plan. Then, examining the relationship diagram (REL Chart), a department showing high proximity was placed in the plan. This process continued until all departments were placed or no departments were left suitable for placement with a high degree of proximity relationship with the previously placed departments. In such a case, one of the remaining departments or other functional units was randomly selected and placed in the layout. The selection process continued until all departments and other functional units were placed in the layout plan. While creating the placement order, the “E” relation was chosen as the cut-off point (Minimum Closeness Preference-MCP) in conjunction with the standard practice. The sweep width was set to 2 br² for the 1st Floor Office Area and three br² for the 2nd Floor Office Area, where 1 br equaled 5 m². For the Production Floor, the sweep width was three br², where 1 br equaled 10 m². Then, the total score of the layout was determined by adding the numerical values given according to the proximity degrees assigned for neighboring departments.

The numerical values of the proximity degrees in the ALDEP algorithm were as follows:

$$\begin{aligned}
 A &= 4^3 = 64 & O &= 4^0 = 1 \\
 E &= 4^2 = 16 & U &= 0 \\
 I &= 4^1 = 4 & X &= -4^5 = -1024
 \end{aligned}$$



Figure 1. Aerial view of the parceled land and drawing of the land boundaries.

Table 1. Flow diagram of study’s phases.

Phase number	Phase definition	The objective	Method(s)
1	Positioning of the Manufacturing Facility	Proper and logical positioning of the facility based on the technical requirements.	The expert opinion provided by the architectural team.
2	Determination of the name and the area requirements of the departments and other functional units.	Developing the optimum department-level facility layout considering sectoral requirements and resource constraints.	Brainstorming among company executives, the architectural team, and the researchers.
3	Identification of the relationship degrees.		
4	Creation and documentation of the optimum department-level facility layout.		The ALDEP Algorithm

3. Results and discussion

In this study, the layout of a new wooden cable drums manufacturing facility to be established in Bursa was addressed. The total size of the plot for the new establishment was approximately 14 800 m², 4 150 m² of which was used for the manufacturing facility. The firm’s architectural team concluded that the manufacturing facility was to be positioned on the third and fourth parcels of the plotted land due to the increasing slope in parcel two and insufficient land area in parcel one, as shown in Figure 2. The target manufacturing facility was designed to include 1st Floor Offices, 2nd Floor Offices, and Production Floor, as illustrated in Figure 2.

Firstly, the company managers, the architectural team, and the researchers determined the name and the area requirements of the departments and other functional units of the 1st- and 2nd-floor offices and the production floor. As for the 1st Floor Offices, the agreed-upon departments and other functional units with corresponding area requirements were R&D (40 m²), Project Unit (55 m²), Human Resources (30 m²), Meeting Room (55 m²), Restrooms (Female-Male) (20 m²), Reception (25 m²), and Customer Greeting Room (30 m²). Afterward, the relationship diagram to determine the placement order of the departments and the other functional units was created, as given in Figure 3. Each proximity degree was assigned at the end of deliberate discussions moderated by one of the researchers.

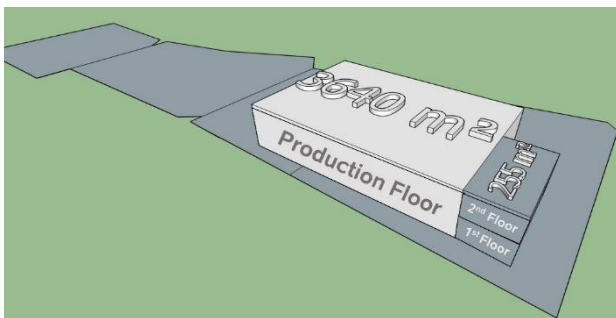


Figure 2. 3D illustration of the manufacturing facility positioned on the plotted land.

Number	Department OR Functional Unit	m ²	1	2	3	4	5	6	7
1	R&D Unit	40		A	O	E	O	U	E
2	Project Unit	55			O	E	O	U	I
3	Human Resources	30				E	O	E	X
4	Meeting Room	55					E	E	E
5	Restrooms (Female-Male)	20						O	E
6	Reception	25							A
7	Customer Greeting Room	30							
Total		255							

Figure 3. Relationship diagram of 1st floor office area.

According to the relationship diagram presented in Figure 3, a placement order was assigned for each department. To develop the determined placement order, a random initial selection was made for the first department to be placed (R&D Department), and the subsequent department was selected by looking at its relationship with the department chosen initially. The priority was on the A relationship; if there was no department or other functional units with an A relationship with the previous department, a department with an E relationship was chosen. If a department with an E relationship could not be found, a random department was selected again, and the process was repeated until all the departments were placed in the 1st Floor Office Area. Such a repetitive iteration resulted in the placement order documented in Table 2.

Based on the determined relationship diagram, sweep width of 2 br², and the department placement order for the 1st Floor Office Area, the optimum layout for seven departments and other functional units covering an area of 255 m² was created. Subsequently, the rough layout plan was smoothed to adjust the indentations and protrusions of the placed departments, resulting in the final layout of the 1st Floor Office Area as given in Figure 4. Before moving on to the next section of the facility, the created layout plan was transferred to the facility's 3D model to double-check whether or not it contained any boundary violations, as illustrated in Figure 5. For the 1st Floor Office area, a total layout score of -811 was calculated based on the relationship degrees and corresponding numerical values of these degrees. The main decisive factor of the negative score obtained is the X (-1024) relationship defined for the Human Resources and Customer Greeting Room department pair. The negative total score does not hinder the validity of the created layout plan but is used for comparative evaluation when multiple plans are created for the same area.

Table 2. Department placement order for the 1st floor office area.

Order	Department OR Functional Unit	Selection Reason
1	R&D Unit	Random
2	Project Unit	A Relationship with 1
3	Meeting Room	E Relationship with 2
4	Reception Area	E Relationship with 4
5	Customer Greeting Room	A Relationship with 6
6	Restrooms (Women-Men)	E Relationship with 7
7	Human Resources	The Last Department

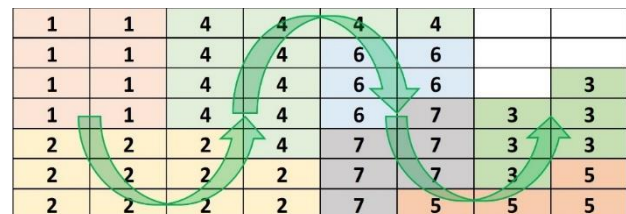


Figure 4. Department placement of 1st floor office area.

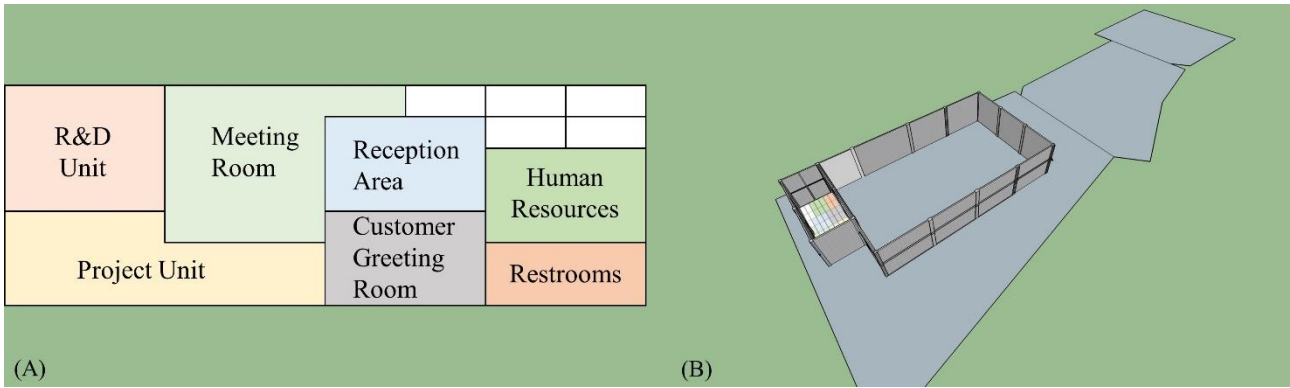


Figure 5. (A) Arranged department placement for the 1st floor office area. (B) Placement of the 1st floor office area layout into the 3D model of the facility.

As for the 2nd Floor Office Area, the name and area requirements of the departments and other functional units were Purchasing (25 m²), Marketing (25 m²), Secretariat (15 m²), Executive Offices (65 m²), Executive Meeting Room (55 m²), Accounting (25 m²), Restrooms (Male and Female-15 m²), and Production Planning and Quality Control (30 m²). Starting from the Purchasing Department, the relationship degrees of all departments and other functional units with each other were determined, and the relationship diagram shown in Figure 6 was constructed.

Once the department placement order for the 2nd Floor Office Area was created, the first department to be chosen for creating the department placement order was randomly selected using the MCP value of the “E” relationship. The random selection of the first department resulted in Executive Offices. Afterward, the following department to put in the placement order was identified as the Secretariat since it had an “A” relationship with the Executive Offices, as shown in Figure 6. The department to be chosen was expected to primarily have an “A” relationship with the previously chosen one. If not, a department with the “E” relationship, the cut-off point, was chosen. A random department was selected if no department had these two relationships. Following these rules, consecutive selections of the 2nd Floor Office Area departments have occurred in the order of Purchasing Department, Accounting, Production Planning and Quality Control, Marketing, Executive Meeting Room, and Restrooms. The result of the department placement order process with corresponding selection reasons was given in Table 3.

Number	Department OR Functional Unit	m ²	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Purchasing	25		E	E	E	U	A	I	E
2	Marketing	25			E	E	U	I	O	E
3	Secretariat	15				A	U	I	O	I
4	Executive Offices	65					E	E	E	E
5	Executive Meeting Room	55						I	O	E
6	Accounting	25							O	O
7	Restrooms (Male and Female)	15								O
8	Production Planning and Quality Control	30								
	Total	255								

Figure 6. Department relationship diagram for 2nd floor office area.

Using the department placement order, area requirements, and sweep width of 3 br² for the 2nd Floor Office Section, the department placement process was conducted, and the final layout was created, as shown in Figure 6. As can be seen in the same figure, the last sweep of the placement process consisted of 2br² since it coincided with the boundaries of the construction design. The total layout score of the 2nd Floor Office Area was 184 without any X relationship.

The department placement given in Figure 7 was placed within the walls of the second-floor office area of the 3D model of the manufacturing facility for the final confirmation and was shown in Figure 8.

Table 3. Department placement order for the 2nd floor office area.

Order	Department OR Functional Unit	Selection Reason
1	Executive Offices	Random
2	Secretariat	A Relationship with 4
3	Purchasing Department	E Relationship with 3
4	Accounting Department	A Relationship with 1
5	Production Planning and Quality Control Dept.	Random
6	Marketing Department	E Relationship with 8
7	Executive Meeting Room	Random
8	Restrooms (Women-Men)	The Last Department

4	4	4	5	5	5	5	5
4	4	4	2	5	5	5	5
4	4	4	2	2	2	5	5
4	4	4	8	8	2	7	7
4	3	3	8	8	8	7	
3	1	1	6	6	8		
1	1	1	6	6	6		

Figure 7. 2nd floor office area layout.

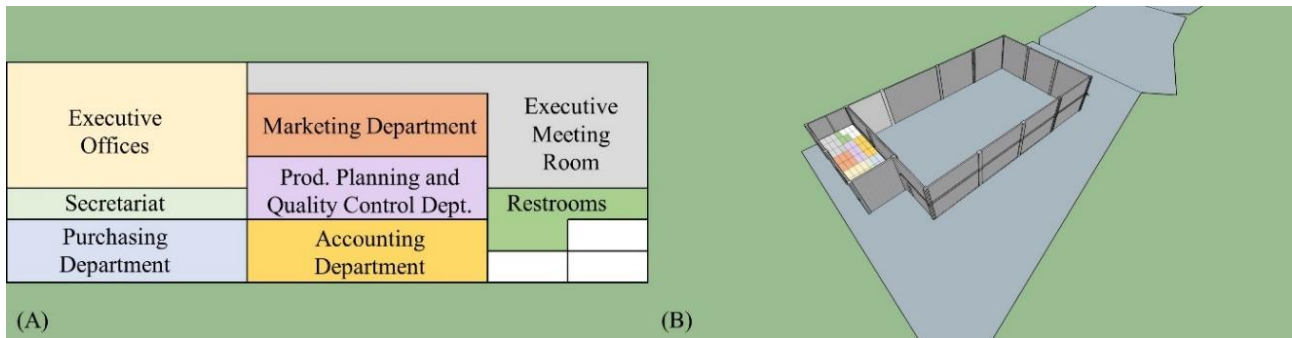


Figure 8. (A) Arranged department layout of the 2nd floor office area. (B) Placement of the 2nd floor office area layout into the 3D model of the facility.

After the optimum layout planning of the office sections of the facility was completed, the process moved on to creating the optimum layout plan for the Production Floor. The departments and other functional units to be placed on the Production Floor were decided to be the Asakai Meeting Room (50 m²), Restrooms (Female and Male - 30 m²), Dressing Room (60 m²), Cafeteria and Dining Hall (100 m²), Accessories Warehouse (100 m²), Maintenance Room (30 m²), Tools and Equipment Room (30 m²), Raw Materials Warehouse (1000 m²), Heat Treatment Oven (40 m²), Production Line (1 500 m²), Assembly (300 m²), Sanding-Finishing Workshop (100 m²) and Shipping and Finished Goods Warehouse (300 m²), resulting in a total of 13 departments and adding up to 3640 m² of coverage area.

To place the thirteen departments and other functional units that needed to be on the Production Floor within the designated area, a relationship diagram highlighting the degrees of relationship between the job functions of those departments was created and documented in Figure 9.

Following the assignment of relationship degrees, the department placement order for the Production Floor was conducted using the MCP value of the “E” relationship. Accordingly, the first department placed in the area was randomly selected. This random selection pointed out the Finished Good Warehouse and Shipping department. The following department was identified as the Sanding-Finishing Workshop since it had an “A” relationship with the previously selected department. The second selection was followed by the sequential selection of the departments of Assembly, Production Line, Maintenance Room, and Tools and Equipment Room, all having “A” relationships with those selected before them. As the seventh selection, Accessories Warehouse made its way to the list based on its “E” relationship with the Tools and Equipment Room. The process was continued with two random selections, resulting in Restrooms and Dressing Rooms. Even though random selections are independent of the relationship diagram, these selections were also the products of some logic based on the judgment of the experts trying to achieve practicality and feasibility. The tenth and eleventh orders were determined as Heat Treatment Oven and Raw Material Warehouse as a function of their “A” relationships with Dressing Rooms and Heat Treatment Oven, respectively. The twelfth selection was

again made randomly, resulting in the Asakai Meeting Room. At the same time, the only remaining functional unit, the Cafeteria and Dining Hall, had the thirteenth order on the list. The complete list of department placement orders for the Production Floor was documented in Table 4.

The sweep width used in placing the Production Floor departments was three br², and the area corresponding to each unit cell was determined to be 10 m². According to these parameters, the departments and other functional units were laid out over the space allocated for the Production Floor, as depicted in Figure 10. The developed layout plan of the production floor had a total layout score of -318.

As performed for the 1st and 2nd Floor Office Areas, the arranged and adjusted version of the Production Floor department layout plan was transferred into the 3D modeling software for final confirmatory controls, as shown in Figure 11.

Number	Department OR Functional Unit	m ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Asakai Meeting Room	50	E	X	U	X	I	X	U	X	A	E	I	I	I
2	Restrooms (Female and Male)	30			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
3	Dressing Room	60				U	X	A	O	U	A	A	A	A	E
4	Cafeteria and Dining Hall	100					X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Accessories Warehouse	100						E	O	U	A	A	A	A	U
6	Maintenance Room	30							A	O	E	A	A	E	U
7	Tools and Equipment Room	30									U	O	A	A	E
8	Raw Materials Warehouse	1000										A	A	E	X
9	Heat Treatment Oven	40											F	I	O
10	Production Line	1500													A
11	Assembly	300													A
12	Sanding-Finishing Workshop	100													A
13	Shipping and Finished Goods Warehouse	300													A
Total		3640													

Figure 9. Production floor relationship diagram.

Table 4. Department placement order for the production floor

Order	Department OR Functional Unit	Selection Reason
1	Shipping and Finished Goods Warehouse	Random
2	Sanding-Finishing Workshop	A Relationship with 13
3	Assembly Department	A Relationship with 12
4	Production Line	A Relationship with 11
5	Maintenance Room	A Relationship with 10
6	Tools and Equipment Room	A Relationship with 6
7	Accessories Warehouse	E Relationship with 7
8	Restrooms (Women-Men)	Random
9	Dressing Room	Random
10	Heat Treatment Oven	A Relationship with 3
11	Raw Materials Warehouse	A Relationship with 9
12	Asakai Meeting Room	Random
13	Cafeteria and Dining Hall	The Last Department

13	13	13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8		
13	13	13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8		
13	13	13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	4	4
13	13	13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	4	4
13	13	13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	4	4
13	13	13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	4	4
13	13	13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	1	1
13	13	13	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	1	1
13	13	13	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	6	6	6	8	8	8	8	1
12	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	7	7	8	8	8	8	8
12	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	7	7	8	8	8	8	8
12	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	8	8	8	8	8
12	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	8	8	8	8	8
12	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	9	9	8	8	8
11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	2	3	3	9	8	8
11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	2	2	3	3	3	3	8	8

Figure 10. Department layout for the production floor.

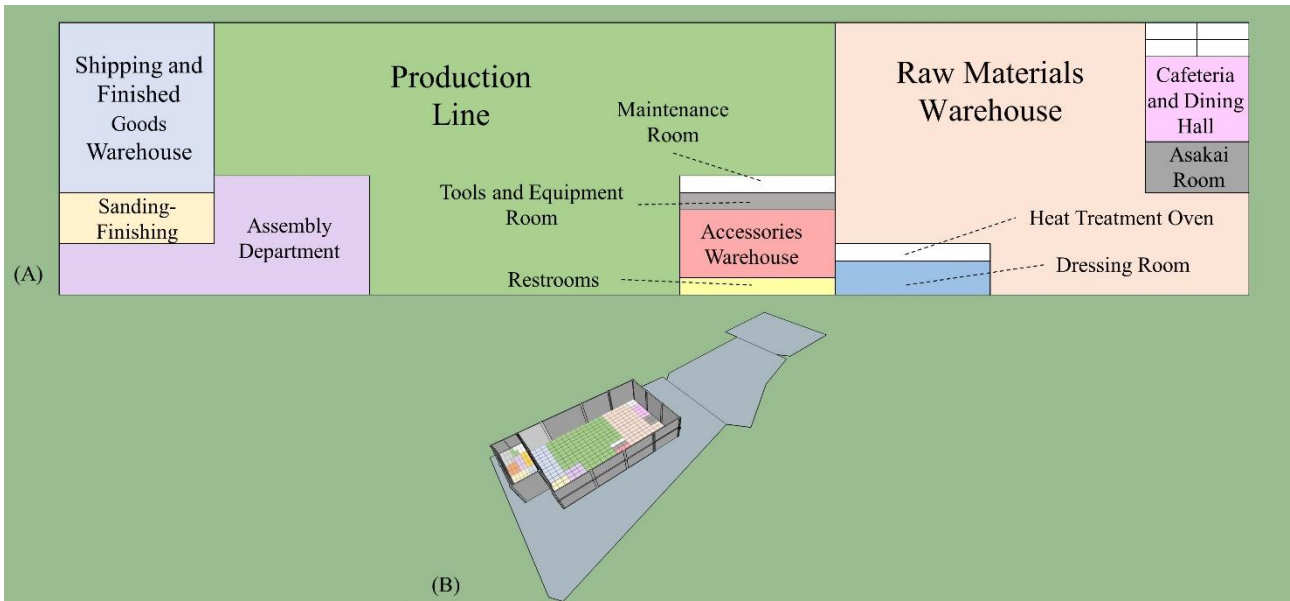


Figure 11. (A) Arranged department layout of the production floor. (B) Placement of the production floor layout into the 3D model of the facility.

As can be interpreted from the detailed documentation of the study results, facility layout optimization could significantly improve any manufacturing process, including wooden cable drum manufacturers. Optimizing the facility layout using methods such as ALDEP could have numerous benefits and implications. In this study, the ALDEP method was employed to determine the layout of a newly established facility for a company producing wooden cable drums. When simultaneously evaluated with the findings of previous studies, the ALDEP method was proven effective and functional in developing a layout plan for a newly established facility. A Review of earlier publications in the field showed that the ALDEP method was a commonly preferred method for studies with similar objectives. Andryzio et al. (2014) created a new facility layout using the ALDEP method in their research, resulting in 1098 proximity degrees and 245.526 Rp material handling costs. This resulted in a 32.74% improvement over the existing layout (Andryzio et al., 2014). Deshpande et al. (2016) observed a 0.10% improvement with the CRAFT method and a 23% improvement with the ALDEP method compared to the existing layout. Therefore, they have concluded that the layout created with the ALDEP method was better (Deshpande et al., 2016). In their study, Tambunan et al. (2018) calculated material handling costs in the rearrangement of the XYZ company using BLOCPLAN and ALDEP methods. Even though the layout created with

BLOCPLAN yielded better results than that developed with the ALDEP method, the authors recommended the use of the layout made with the ALDEP method since it did not require a change in the architectural design of the building and was able to maintain a straight-line production flow (Tambunan et al., 2018). As can be interpreted from the findings of this study and the studies mentioned above, the results of the previous studies and our study are parallel and complementary to each other.

On the other hand, Suhardini and Rahmawati (2019) used ALDEP and CRAFT techniques to arrange a newly established facility. It was found that ALDEP provided a 23% lower material handling cost compared to CRAFT. Then, the layout created with the ALDEP method was further improved through an optimization stage involving the CRAFT method. (Suhardini and Rahmawati, 2019). Tarigan et al. (2019) compared CORELAP and ALDEP methods in their study. They increased the distance efficiency within the company from 53.67% to 93.74% using the CORELAP algorithm and to 78.18% using the ALDEP algorithm. After simulation to find the best method, the recommended layout, covering 1.9 km/day, resulted from the CORELAP algorithm (Tarigan et al., 2019). It was also evident in the previous studies that the ALDEP method has not always provided the best or optimal internal facility layout results. However, it has never fallen extremely short of the other alternatives and was able to populate acceptable and satisfactory layout plans. Although,

due to some sector and case-specific factors, the ALDEP method could be outperformed by other algorithms in some previous studies, within the facility layout planning research stream, the ALDEP method has been accepted as a foundational algorithm and known as one of the best methods for determining the internal layout of newly established facilities. Since this study focused on the internal layout of a newly established facility, using the ALDEP method was logical, suitable, and practical.

Furthermore, discussing the potential cost savings associated with such systematic layout plan development activities is essential. Suhardini and Rahmawati (2019) found that the improvement provided by ALDEP compared to the CRAFT technique reduced annual material handling costs by 23%. Their study aimed to obtain the optimal layout plan for CV Aji Jaya Mandiri using ALDEP and then to improve it with CRAFT. The new layout obtained with ALDEP was compared with the final layout improved with CRAFT by using material handling cost taken from the MHES (material handling evaluation sheet) and the production provision time or processing time using Promodel simulation. The layout plan obtained with CRAFT reduced material handling costs by 6.24%, meaning CRAFT effectively improved the layout plan. The simulation results also showed that the improved layout plan reduced the production delivery time by 23 minutes. The layout evaluation using Adjacency Based Scoring for the CRAFT layout showed a 15% increase compared to the original layout. Therefore, it was selected as the best layout (Suhardini and Rahmawati, 2019). In another study, Suhardini et al. (2017) produced four layout alternatives, and each alternative was to be evaluated based on two criteria: material handling cost and simulation-based processing time. The results showed that with the addition of machines and operators, production capacity increased by up to 37.5%, and material handling costs decreased with the improvement of the layout plan. The systematic layout planning method reduced material handling costs by 10.98%, equivalent to 1229813.34 Rp, compared to the initial layout plan (Suhardini et al., 2017). Moreover, Andryzio et al. (2014) found that the layout design created using the ALDEP method resulted in an alternative with a total of 1098 proximity degrees and a material handling cost of 245.526 Rp. The developed layout plan had a 32.74% lower material handling cost than the existing one (Andryzio et al., 2014). As can be interpreted from the findings of the previous studies focusing on developing facility layouts through the employment of the ALDEP method, material handling cost savings could vary in the range of 6 to 32%, with an average value of 16.65%. Since this study dealt with a facility design problem of a wooden cable reel manufacturing facility that is yet to be built, it was not possible to calculate the material handling cost savings associated with the developed plan. However, the developed plan is expected to meet the ALDEP-method-enabled historical average of material handling cost savings (16.65%) reported in the previous studies based on empirical evidence.

The context of the study's implications could be summarized under three main themes: scientific, practical, and social, as detailed in the following paragraphs.

Scientific implications of the study could be summarized as advancements in layout optimization, cross-industry applicability, and efficiency modeling and algorithms. The study contributed to the body of knowledge in layout optimization, particularly in the wooden cable drum

manufacturing sector. ALDEP has been a popular algorithm used in many manufacturing setups, but its application has varied widely in different industries. By focusing on this specific industry, the study set a particular example of ALDEP's applications and revealed unique opportunities for optimization. In the means of cross-industry applicability, the scientific community could potentially apply the findings and methodologies from this study to other similar industries or scenarios, paving the way for broader research. Moreover, this and similar studies could also lead to the development of new models or algorithms for improving efficiency, contributing to the scientific understanding of production efficiency since the deployment of each optimization algorithm onto a sector-specific case had pieces of evidence about the method's ability and competency to conform sectoral dynamics and requirements.

The study's practical implications could be explained under three main frames: operational efficiency, space utilization, and inventory management. First, an optimized facility layout such as the one created in this study could reduce the time taken for the manufacturing process, minimize material handling, improve worker safety, and increase overall productivity. Moreover, efficient use of available space is crucial in manufacturing. An optimized layout would better utilize space, potentially reducing the need for expensive expansion or relocation. Furthermore, optimizing the facility layout could improve storage and retrieval efficiency, leading to better inventory management and reduced warehousing costs.

Social implications of the study were expected to be seen in the long term in the areas of employment, environment, and local economy. An increase in efficiency might result in the need for fewer workers to produce the same output. However, it could also lead to upskilling opportunities, where workers learn to operate new, more sophisticated machinery or learn new, more efficient processes. Optimized layouts often mean less waste in terms of materials, energy, movement, and transportation. The current focus on sustainability and climate change could result in a lower carbon footprint, a significant social benefit. As for the local economy, if the wooden cable drum manufacturer becomes more efficient and profitable, it could positively impact the local economy in Türkiye. Increased profitability could lead to more taxes paid, more local supplies purchased, and potential job creation in the area.

Regarding future research directions in this research area, it could be elaborated into countless possibilities. While ALDEP is a powerful tool, other layout optimization algorithms exist, such as CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning) and CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique). Future research could focus on a comparative study of these techniques in the specific context of wooden cable drum manufacturing or different manufacturing sectors. Moreover, this study focused on department-level layout optimization. Future research could be channeled into more micro-level optimization issues, such as machinery and equipment layout optimization within the production line. In addition, as technologies like artificial intelligence, machine learning, and the Internet of Things (IoT) continue to advance, studies could investigate how these tools could be integrated with ALDEP to enhance layout optimization. This study was designed to tackle a wooden cable manufacturer's initial facility layout planning problem. Future studies could investigate layout

optimization's long-term impacts and benefits using ALDEP in the wooden cable drum manufacturing sector. These analyses could include effects on worker satisfaction, business profitability, environmental footprint, and supply chain robustness.

4. Conclusions

Although facility layout studies may seem simple, and even in some cases, one could mistakenly think that if the arrangement was done wrong, it may seem like it would not pose a problem. However, one small mistake made out of lack of experience, not thoroughly following the methodology, or a moment of inattention could lead to significant, irreversible, and expensive consequences. Facility layout studies have proven beneficial for businesses and employees when done correctly. A diligently and precisely created facility layout could aid enterprises in preventing the costs arising from unnecessary movements and transportation of material and personnel and increase efficiency. At the same time, it could contribute to creating safer and leaner workplaces.

This study aimed to develop the optimum department-level facility layout of a newly established wooden cable drums manufacturing facility and successfully met the objectives with documented results. The company had purchased 14800 m² of land in Bursa, Türkiye, and approximately 4150 m² of the total land area was reserved for the manufacturing facility. The optimum layout plan was successfully achieved by systematically arranging seven departments within the 1st Floor Office Area, eight departments within the 2nd Floor Office Area, and thirteen departments within the Production Floor of the manufacturing facility through the ALDEP algorithm. The results also indicated that the ALDEP algorithm could be effectively used for optimized layout planning of hybrid buildings involving interconnected single- and multi-story sections. The total layout scores of the 1st and 2nd Floor Office Areas and the Production Floor were determined to be -811, 184, and -318, respectively.

The results of the study depicted a successful example of developing an efficient and logical layout that would have the potential to enhance operational efficiency, reduce material handling and transportation costs, and ultimately improve profitability in the wooden cable drums manufacturing process. While this study focuses on the plant layout optimization of a wooden cable reel manufacturer in Türkiye, it can have far-reaching implications beyond the company's immediate benefits. It can also serve as a case study for similar industries looking to optimize their production processes. It could also be a good reference for academics researching facilities planning and value-added wood product manufacturing processes.

References

- Ak, R., 2009. *Investigation of Workplace Organization Algorithms and a Factory Application*, Master's Thesis, Istanbul Technical University, Institute of Science and Technology, Istanbul.
- Amar, C., Onkar, S., Allied Market Research 2020. *Cable Drum Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report by Material and Mechanism: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2019-2026*, United Kingdom, <https://www.alliedmarketresearch.com/cable-drum-market>, Accessed: 04.02.2024.
- Andryzio, A., Mustofa, F. H., Fitria, L., 2014. Proposed Facility Layout Design Using the Method Automated Layout Desing Program (ALDEP) DI CV. Kawani Tekno Nusantara. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 2(4). <https://ejournal.itenas.ac.id/index.php/rekaintegra/article/view/644>
- Budianto, F., Halim, J., Christine Sembiring, A., 2020. Redesigning Furniture Production Floors Using Systematic Layout Planning and ALDEP Method to Minimize Material Handling Costs. *2020 3rd International Conference on Mechanical, Electronics, Computer, and Industrial Technology (MECnIT)*, 25–27 June, Medan, Indonesia, pp. 84–90. <https://doi.org/10.1109/MECnIT48290.2020.9166613>
- Burggräf, P., Adlon, T., Hahn, V., Schulz-Isenbeck, T., 2021. Fields of Action Towards Automated Facility Layout Design and Optimization in Factory Planning – A Systematic Literature Review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 35: 864–871. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.09.013>
- Deshpande, V., Patil, N. D., Baviskar, V., Gandhi, J., 2016. Plant Layout Optimization using CRAFT and ALDEP Methodology. *Productivity Journal by National Productivity Council*, 57(1): 32–42. <https://www.researchgate.net/publication/318743771>
- Eryigit, M., 2000. *Factory and Workplace Organization*, Master's Thesis, Abant İzzet Baysal University, Institute of Social Sciences, Bolu.
- Gutta, P. R., Chinthala, V. S., Manchoju, R. V., Charan MVN, V., Purohit, R., 2018. A Review On Facility Layout Design Of An Automated Guided Vehicle In Flexible Manufacturing System. *Materials Today: Proceedings*, 5(2): 3981–3986. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.656>
- Lee, A., 2013. *Cost-Optimized Warehouse Storage Type Allocations*. Master's Thesis, University of Southern California, Los Angeles, USA
- Özden, K., 2016. *Facility Planning: Workplace, Factory Design and Layout*, Papatya Publishing Education, Istanbul.
- Prasad, N. H., Rajyalakshmi, G., Reddy, A. S., 2014. A Typical Manufacturing Plant Layout Design Using CRAFT Algorithm. *Procedia Engineering*, 97: 1808–1814. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.334>
- Seehof, J. M., Evans, W. O., Friederichs, J. W., Quigley, J. J., 1966. *Automated Facilities Layout Programs. A.C.M. National Meeting*, Rochester, Minnesota, pp. 191–199. <https://doi.org/doi/pdf/10.1145/800256.810696>
- Suhardini, D., Rahmawati, S. D., 2019. Design and Improvement Layout of a Production Floor Using Automated Layout Design Program (ALDEP) and CRAFT Algorithm at CV. Aji Jaya Mandiri. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 27-29 November, Makasar, Sout Sulawesi, Indonesia. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/528/1/012062>
- Suhardini, D., Septiani, W., Fauziah, S., 2017. Design and Simulation Plant Layout Using Systematic Layout Planning. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 7-9 November, Tanjung Pandan-Belitung, Indonesia, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/277/1/012051>
- Sydor, M., Wołpiuk, M., Surowaniec, M., Rogoziński, T., 2017. Issues of Wooden Cable Drums Production Technology. *Annals of Warsaw University of Life Sciences*, 100: 11–17. <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/349617>
- Tambunan, M., Ginting, E., Sari, R. M., 2018. Production Facility Layout by Comparing Moment Displacement Using BLOCPLAN and ALDEP Algorithms. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 7-8 September, Indonesia, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012032>
- Tarigan, U., Simbolon, R., Sembiring, M. T., Tarigan, U. P. P., Sembiring, N., Tarigan, I. R., 2019. Perancangan Ulang dan Simulasi Tata Letak Fasilitas Produksi Gripper Rubber Seal dengan Menggunakan Algoritma Corelap, Aldep, dan Flexsim. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 21(1). <https://doi.org/10.32734/jsti.v21i1.905>
- Türkmen, N. A., Oğulata, S. N., 2008. *Hospital Workflow and Layout Assessment*. Master Thesis, Çukurova University, Institute of Science and Technology, Adana.

Prediction of screw withdrawal resistance for plywood laminated panels and sandwich panels

Mesut Uysal^{a,*} , Ergün Güntekin^a 

Abstract: Sandwich panels are favorable materials for structural or non-structural components due to durability, lightness, and longevity in service life. This study aimed to predict screw withdrawal resistance of the plywood laminated medium-density fiberboard and particleboard, and sandwich panels. In predicting the screw withdrawal resistance, withdrawal load capacity, density, and withdrawal stiffness of the materials in each layer, screw penetration depth, and screw diameter were considered. Moreover, the screw withdrawal strength of the panels was examined. Screw withdrawal tests of panels were conducted according to TS EN 13446 standard. The test results showed a proportional correlation between the density and screw withdrawal strength of the panels. The highest screw withdrawal strength was obtained for sandwich panels made of plywood and medium-density fiberboard (12.51 MPa). Furthermore, the difference between experimental and predicted screw withdrawal resistance changed from 0.20% to 24.86%. Besides, there was no statistically significant difference between the screw withdrawal strength of the top and bottom face-laminated panels. The test results showed that both face laminated panels (sandwich panels) had higher screw withdrawal strength, density, and experimental and predicted screw withdrawal resistance compared to one face laminated panels. **Keywords:** Screw withdrawal resistance, Screw withdrawal strength, Sandwich panels, Plywood, Medium-density fiberboard, Particleboard.

Kontrplak ile lamine edilmiş panel ve sandviç panellerin vida tutma direncinin tahmin edilmesi

Özet: Sandviç paneller dayanıklılığı, hafifliği ve servis hayatının uzun olması nedeniyle yapısal veya yapısal olmayan elemanlar için uygun malzemelerdir. Bu çalışmada, kontrplak ile lamine edilmiş MDF ve yonga levha panelleri ile sandviç panellerin vida tutma kapasiteleri tahmin edilmiştir. Bu malzemelerin vida tutma kapasiteleri tahmin edilirken, panellerin her bir katmanında bulunan kontrplak, MDF ve yonga levha malzemelerinin vida tutma kapasiteleri, yoğunluğu ve vida çekme rijitliği ile vida penetrasyon derinliği ve vida çapı dikkate alınmıştır. Ayrıca, panellerin vida tutma dayanımları da belirlenmiştir. Tüm testler TS EN 13446 standardına göre yapılmıştır. Deneysel sonuçları panellerin vida tutma dayanımları ve yoğunluğu arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermiştir. Vida tutma dayanımı en yüksek olan panel kontrplak ve MDF kullanılarak hazırlanan sandviç panellerde elde edilmiştir (12,51 MPa). Çalışma sonuçlarına göre malzemelerin deneysel ve tahmin edilen vida çekme kapasiteleri arasındaki fark %0,20 ile %24,86 arasında değişmektedir. Bununla birlikte alt veya üst yüzü lamine edilmiş panellerin vida tutma dayanımları arasında istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir. Çalışma sonuçları, sandviç panellerin tek yüzü lamine edilmiş panellere göre daha yüksek vida tutma dayanımı ve yoğunluğu göstermektedir. Ayrıca, sandviç paneller için hem deneysel hem de tahmin edilen vida çekme kapasiteleri de tez yüzü lamine edilmiş panellerden daha yüksektir.


Anahtar kelimeler: Vida çekme kapasitesi, Vida çekme dayanımı, Sandviç paneller, Kontrplak, MDF, Yonga levha


1. Introduction


In governing the regulation and the environmental issues regarding energy consumption and resource depletion, materials with more durability, lighter, longer service life, less carbon footprint, and sustainability have been raised for structural application (Basha et al., 2022). Therefore, sandwich panels have increasingly become prominent in construction as structural or non-structural components. Sandwich panels consist of a face layer with high stiffness and durability, and a core layer with low density, thermal expansion, etc. (Lakreb et al., 2015). According to structural purposes, the core material may differ. Core material would be made of lighter material to propose acoustic isolation and thermal expansion or denser material to propose higher

mechanical properties. The significant advantage of sandwich panels is their high stiffness/strength ratio to weight (Susainathan et al., 2017). On the other hand, the damage tolerance at the low-velocity impact is the major drawback of the sandwich panel due to fiber breakage, delamination, etc. (Basha et al., 2022).

Lakreb et al. (2015) stated that an increase in the number of core layers, correspondingly, an increase in layers made of veneer, improved the mechanical properties of the sandwich panels, and most of the failure in bending occurred on cork agglomerate due to its low stiffness. Basha et al. (2022) highlighted that the fiber direction of the core material in regarding to those of the face material is crucial. However, the density and strength of the core material are less. Smardzewski (2019) studied sandwich panels with auxetic

 ^a Bursa Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industry Engineering, 16310, Bursa, Türkiye

 ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): mesut.uysal@btu.edu.tr

 **Received** (Geliş tarihi): 13.10.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 20.02.2024



Citation (Atf): Uysal, M., Güntekin, E., 2024. Prediction of screw withdrawal resistance for plywood laminated panels and sandwich panels. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 81-88. DOI: [10.18182/tjf.1375273](https://doi.org/10.18182/tjf.1375273)

core and oval cells made of wooden honeycomb, resulting in the sandwich panels being considered a lightweight material and a better substitution compared to medium-density fiberboard (MDF) and particleboard (PB) in the furniture industry. Edgars et al. (2017) depicted that the strength-to-density ratios for sandwich panels were 60-80% higher than plywood, although they had less flexural strength than plywood. Peliński et al. (2020) stated that an increase in the thickness of outer layers improved the overall strength of the sandwich panels. Although material properties, layer thickness, and number of layers are vital for the sandwich panels, these materials would come together to construct a frame or walls for structural or non-structural purposes. Therefore, joinery systems have come into prominence, and screw-based joints are widely used joinery systems to join structural members.

Screw withdrawal resistance (SWR) is a significant mechanical property for wood-based structural materials due to the connection properties of the material. Besides, a designer should understand the fundamental design principals; namely, structural integrity and load-carrying capacity for connections of the wood-based structure should be maintained in service (Guo et al., 2018). SWR of the material depends on the density of the material, screw withdrawal orientation, screw type, screw diameter, screw threads, pilot hole diameter, and depth. Guo et al. (2018) examined the SWR of the conventional PB and oriented strand board (OSB) made of bamboo. They resulted that OSB had a higher SWS compared to PB due to different density, and an increase in screw diameter from 4 to 5 mm improved the SWR, but those of 5 to 6 mm reduced. In addition, an increase in pilot hole diameter adversely affected the SWS of the materials. Perçin and Uzun (2022) examined the effect of heat treatment on the SWR of laminated veneer lumber (LVL) reinforced with carbon fiber, and glass fiber. It was stated that an increase in temperature in heat treatment decreased the SWR of the LVL. However, SWR increased with the use of reinforcement, but there were no statistical differences to reinforce LVL with either glass-fiber or carbon-fiber. Birinci and Kaymakci (2023) ascribed that external weather conditions negatively affected the SWR of the plywood (PW), and there is no statistically significant difference between screwing samples before and after Freeze-Thaw Cycling.

Moreover, predicting SWR of materials have been studied. Eckelman (1975) predicted the SWR of the particleboards by considering density, internal bond strength, screw dimensions, and penetration depth. Conversely, Semple and Smith (2005) predicted the internal bond strength of PBs by using their SWR. Erdil et al. (2002) presented equations to predict the SWR of the PW and OSB from edge and face withdrawal; namely, the coefficient of determination in the expressions ranged from 0.57 to 0.78, so the prediction of the withdrawal resistance for wood-based composite material was somewhat variable. However, it could be acceptable in the design of screw-based joints. Pang et al. (2020) estimated the SWR of the hybrid cross-laminated timber (CLT) by using the SWR and density of the materials in each layer. They concluded that the differentiation between predicted and experimental values was around 13-14%. Darzi et al. (2018) defined ultra-light composite timber sandwich panels; namely, bamboo core sandwich and peeling core sandwich, to predict their strength and benchmarked their performance with commercial CLT by using finite element analysis.

This study aimed to predict the SWR of PW laminated MDF and PB panels. In doing so, the objectives were to (i) determine the screw withdrawal strength (SWS) of the PW, MDF, PB, and PW laminated panels and sandwich panels and (ii) predict the SWR of the PW laminated panels and sandwich panels.

2. Materials and methods

2.1. Materials

In this study, PW, MDF, and PB were used to determine screw withdrawal strength and predict the failure load of PW laminated panels and sandwich panels, respectively. For this purpose, the PW laminated MDF and PB panels and the sandwich panels were prepared by using PW with a thickness of 4 mm, MDF with a thickness of 12 mm, and PB with a thickness of 14 mm (Figure 1). Commercial PB, MDF and PW panels were obtained from local store in Bursa, Turkey. The nominal thickness of sandwich panels was different because of the core-materials. A DIN 7505 4.50 x 45 mm single threaded chipboard screw was used in the specimens (Figure 2). Polyurethane (PU) adhesive was used to glue layers.

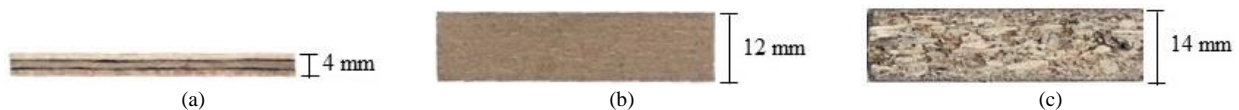


Figure 1. Wood composite materials used in sandwich panels



Figure 2. Screws used in specimens

2.2. Specimen Construction

PW, MDF, and PB were cut into 600 mm by 600 mm dimensions. The panels were prepared with two and three layers, and 200 g/m² adhesive was used between layers. Cemil Usta SSP-180 T press was used with a temperature of 35 °C, a pressure of 4 atm, and a duration of 150 min.

According to TS EN 13446 (2002), all specimens (5 replications for each sample group) were cut into 50 mm by 50 mm nominal dimensions from all panels (Figure 3 and 4a). Pilot holes were drilled as of 80% of the major screw diameter, and specimens were constructed in which the entire tip of the screw protruded from the specimen (Figure 4b).

2.3. Density

According to TS EN 323 (1999), a total of 5 test specimens for each sample group with dimensions of *t* x 50x50 (*t* is the thickness of the panels in Figures 1 and 3) were prepared. All specimens were acclimatized at 20±2 °C and 65 ± 5% relative humidity according to TS-EN 326-1 (1999) and weighed with a 0.01 g precision scale. Their dimensions were measured with a 0.01 mm precision caliper. The density of the sandwich panels was calculated by using Equation 1.

$$\rho_{12} = \frac{m_{12}}{V_{12}} \tag{1}$$

where, ρ_{12} is the density (g/cm³), m_{12} is the weight of the material (g), and V_{12} is the volume of the material (cm³).

2.4. Screw withdrawal strength

All tests for the SWS were conducted on the SHIMADZU universal test machine according to TS EN 13446 (2002). Withdrawal load capacities were obtained by applying a withdrawal load parallel to the screw axis from the face of specimens with a rate of 2 mm/min and continued until the ultimate load reached (Figure 5). Equation 2 was used to calculate the SWS (σ , MPa) of panels.

$$\sigma = \frac{F_{max}}{2 \times \pi \times r \times d} \tag{2}$$

where, F_{max} is the ultimate withdrawal load (N), r is the radius of the screw (mm), and d is the penetration length (mm).

2.5. Statistical Analysis

Data collected for the presence of statistical significance among all sample groups through one-way ANOVA and Tukey pair-wise comparisons were examined in SPSS.

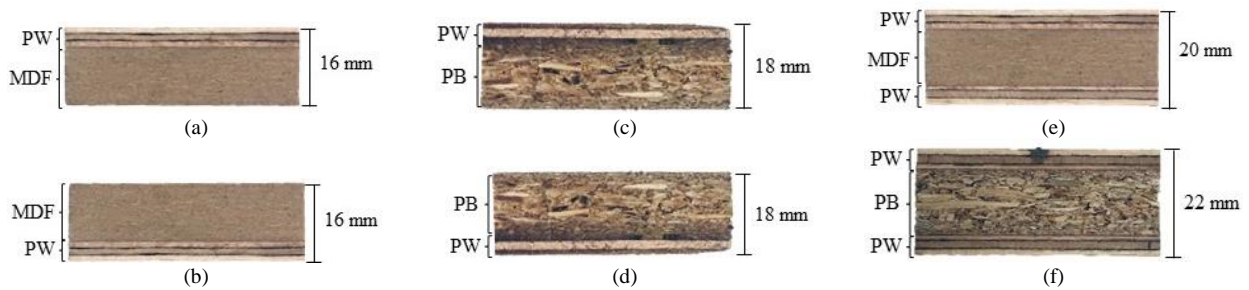


Figure 3. PW laminated panel; a) PW-MDF, b) MDF-PW, c) PW-PB and d) PB-PW, and sandwich panels; e) PW-MDF-PW and f) PW-PB-PW

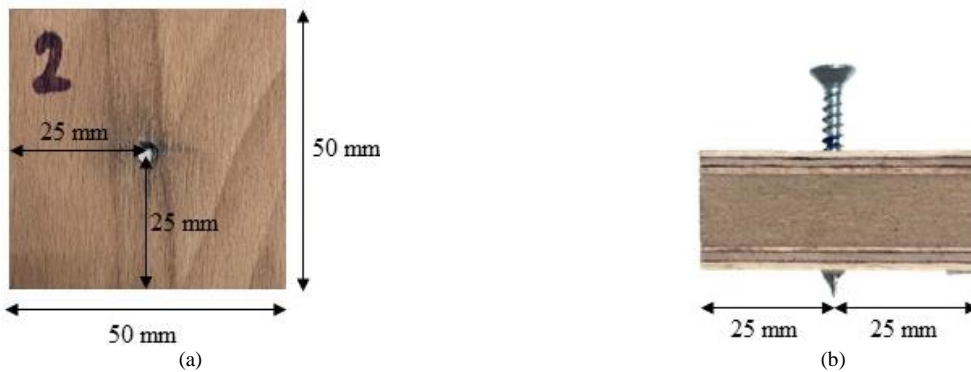


Figure 4. a) Pilot hole position on specimen and b) Specimens with tip protruding

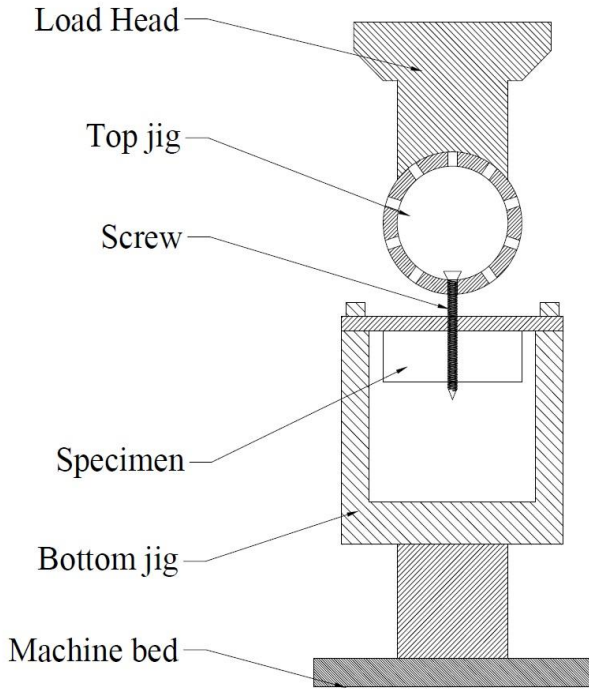


Figure 5. Test configuration for screw withdrawal strength from face

2.6. Prediction of screw withdrawal resistance

The screw withdrawal resistance of the sandwich panel was predicted by using Equation 3 (Pang et al., 2020). Although the equation was derived from hybrid CLT panels and screws were not protruded from specimens. However, screws were protruded from specimens, and sandwich panels consisted of two or three layers in this study. Therefore, the equation was revised by considering the total thickness of panels and the number of layers. Equations 4 and 5 were used for panels with two and three layers, respectively.

$$R_{predict} = \min \left[\left(\frac{G_1 \times d_1}{G_2 \times d_2} + 1 \right) \rho_2 \times 2 \times \pi \times r \times d_2, \left(\frac{G_2 \times d_2}{G_1 \times d_1} + 1 \right) \rho_1 \times 2 \times \pi \times r \times d_1 \right] \quad (3)$$

where $G_{1,2}$ are the withdrawal stiffness of the first and second layer materials used in panels (N/mm^3), $d_{1,2}$ are the depth of penetration for the first and second layer materials (mm), $\rho_{1,2}$ are the density of the material in the first and second layers (g/cm^3), r is the radius of the screw major diameter (mm - 4.5 mm).

$$R_{predict} = \min \left[\left(\frac{G_{PW} \times d_{PW}}{G_{MDF,PB} \times d_{MDF,PB}} + 1 \right) \rho_{MDF,PB} \times 2 \times \pi \times r \times d_{SP}, \left(\frac{G_{MDF,PB} \times d_{MDF,PB}}{G_{PW} \times d_{PW}} + 1 \right) \rho_{PW} \times 2 \times \pi \times r \times d_{SP} \right] \quad (4)$$

$$\sigma R_{predict} = \min \left[\left(\frac{2 \times G_{PW} \times d_{PW}}{G_{MDF,PB} \times d_{MDF,PB}} + 1 \right) \rho_{MDF,PB} \times 2 \times \pi \times r \times d_{SP}, \left(\frac{G_{MDF,PB} \times d_{MDF,PB}}{2 \times G_{PW} \times d_{PW}} + 2 \right) \rho_{PW} \times 2 \times \pi \times r \times d_{SP} \right] \quad (5)$$

where, d_{SP} is the screw penetration for the sandwich panels.

The withdrawal stiffness of the material was calculated by using the following equation;

$$G = \frac{F_{0.4} - F_{0.1}}{2 \times \pi \times r \times d \times (a_{0.4} - a_{0.1})} \quad (6)$$

where, $F_{0.4}$ is 40% of the ultimate failure load (N), $F_{0.1}$ is 10% of the ultimate failure load (N), $a_{0.4}$ is the deformation at the 40% of the ultimate failure load (mm), and $a_{0.1}$ is the deformation at the 10% of the ultimate failure load (mm).

3. Results and discussion

3.1. The screw withdrawal strength and the density

The results of the SWS and the density of the specimens were given in Figure 6. Results showed a correlation between SWS and density of materials but except MDF. Even though its SWS decreased compared to the SWS of the PW, it is denser compared to PW.

The highest average SWS was 12.51 MPa for the PW-MDF-PW panel with a standard deviation of 1.03 MPa. Then, the average SWS of the panels with top-face laminated MDF (PW-MDF) was 10.53 MPa with a standard deviation of 0.57 MPa. Those of PW-PB-PW were 9.36 MPa and 1.41 MPa, respectively.

Moreover, in the case of the top-face laminated MDF and PB for panels with two layers, SWS was 19.93% and 9.88% higher compared to those of the bottom-face, respectively. SWS of the panels with MDF and PB laminated PW on the top-face increased by 45.64% and 104.35% compared to MDF and PB, respectively. The increase in those of the bottom face was 21.44% and 71.18%, respectively. Regarding panels for both laminated faces (sandwich panels), SWSs for PW-MDF-PW and PW-PB-PW were 73.03% and 139.39% greater compared to MDF and PB, respectively. Screws penetrate each of the plywood layers and core layer of MDF/PB in screwing in face orientation, so screw threads held in each layer in the panel, and SWS was enhanced by an increase in the number of layers (Birinci and Kaymakci, 2023). Besides, failure on specimens in the screw withdrawal test occurred on the top-face of the panels, so the top-face laminated specimens had higher SWS compared to those of the bottom face.

One-way ANOVA was performed to examine the significant effect of the panel types on SWS ($\alpha=0.05$). Besides, Tukey pair-wise comparison analysis was conducted to examine whether there was a significant difference among sample groups at the confidence level of 95%. According to statistical analysis, panel types (p -value = 0.000) significantly influenced the SWS of panels (Table 1). According to Tukey pair-wise analysis, there is no evidence to prove that the SWS of the PW-MDF-PW and PW-MDF were statistically different as shown in Table 2. Furthermore, the SWS of the PW-MDF, PW, PW-PB-PW, and MDF-PW cannot be proved to be statistically different. Moreover, the top face of MDF and PB laminated with PW and those of the bottom-face were not statistically different, respectively.

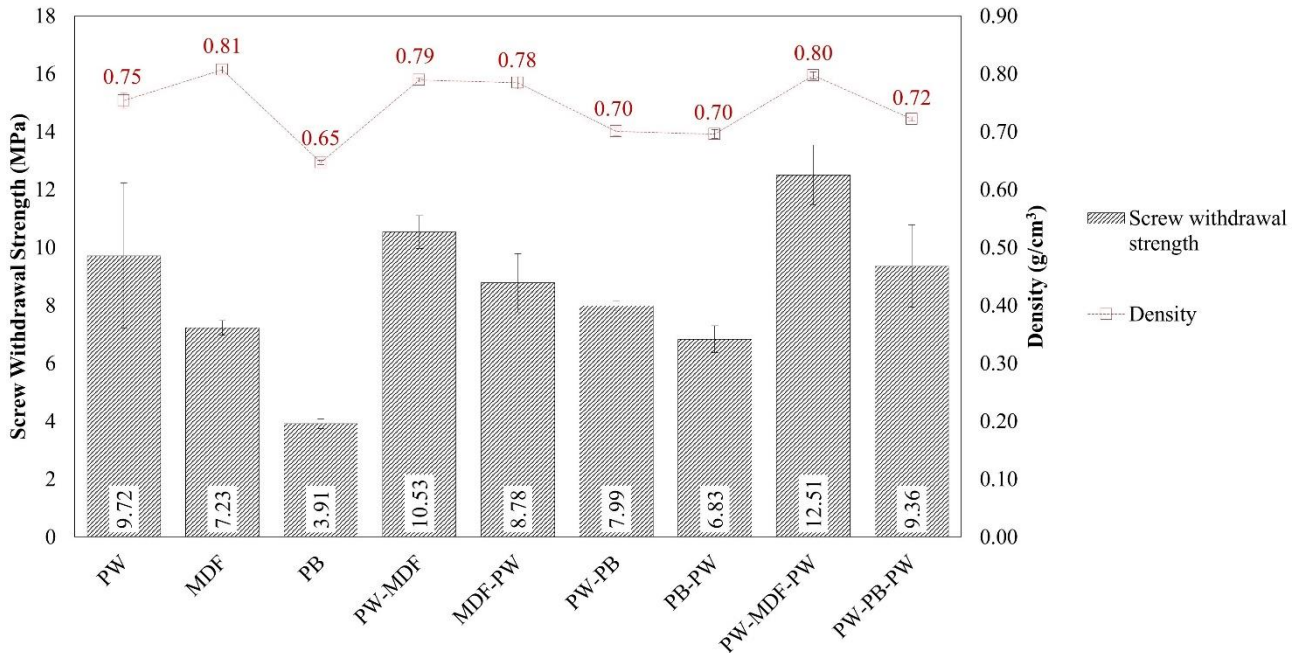


Figure 6. Screw withdrawal strength and density of the sandwich panels (PW: Plywood, MDF: Medium density fiberboard, PB: Particleboard, PW-MDF: Top face PW laminated MDF panel, MDF-PW: Bottom face PW laminated MDF panel, PW-PB: Top face PW laminated PB panel, PB-PW: Bottom face PW laminated PB panel, PW-MDF-PW: Sandwich panel with MDF core and PW-PB-PW: Sandwich panel with PB core)

Table 1. One-way ANOVA for SWS of the sandwich panels

	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F	Sig.
Between Groups	240.82	8	30.10	24.50	0.000
Within groups	44.23	36	1.23		
Total	285.05	44			

Table 2. Tukey mean comparison for SWS of the sandwich panels

Material	n	Mean	Grouping				
PW-MDF-PW	5	12.51	A				
PW-MDF	5	10.53	A	B			
PW	5	9.72		B	C		
PW-PB-PW	5	9.36		B	C	D	
MDF-PW	5	8.78		B	C	D	E
PW-PB	5	7.99			C	D	E
MDF	5	7.23				D	E
PB-PW	5	6.83					E
PB	5	3.81					F

3.2. Prediction of the screw withdrawal resistance

Table 3 shows the average and standard deviation of the ultimate screw withdrawal load and the withdrawal stiffness for PW, MDF, and PB. The load-deformation curves of PW, MDF, and PB were given in Figure 7 and used to calculate the withdrawal stiffness (G, MPa) of the specimens (Table 3).

By using equations 4 and 5, the SWR of the panels with two layers and three layers were predicted in columns a and b (Table 4). In column c (Table 4), the minimum predicted SWRs of the panels in either column a or b were compared with the experimental values of the SWR. According to the results, the ratios between predicted and experimental values varied from 0.20% to 24.86%. It does not matter which face was laminated for MDF and PB because the predicted SWR for panels with two layers was obtained by using the experimental SWR and the density of the materials with a

single layer (Pang et al., 2020). Hence, the predicted SWR of the PW-MDF and MDF-PW (2163.62 N) and PW-PB and PB-PW (1515.77 N) were identical. The highest predicted SWS was 3303.64 N for PW-MDF-PW and differentiated from 1.66% to 14.74% from the experimental values.

The density of the material is a characteristic of wood and wood-based products. Therefore, it is quite significant to predict SWR of the panels. In addition, difference in density profile for materials may causes higher differentiation in the prediction of SWR of panels. Besides, withdrawal stiffness of the material used in layers obviously affected predicted SWR of panels. In the case of that the number of layers penetrated by the screws in single- or both face laminated panels decreased (from 3-7 layers to single layer), test values in SWRs were higher than predicted values (Pang et al., 2020). In this study, specimens were screwed with tip protruding, so predicted values were mostly higher than test values. Furthermore, if the density and the withdrawal stiffness of material in the top layer was higher than those of core or bottom layers, differences between test and predicted values were higher (PW-PB, PB-PW and PW-PB-PW sample groups in Table 4). It was resulted that the estimation of the SWR panels made of core material with a low-density and withdrawal stiffness would be higher than test values. On the other hand, it would provide a sight to estimate SWR of panel with high-withdrawal stiffness utilizing for structural purposes.

The SWRs of PW, PB and MDF in Table 3 were benchmarked those SWRs in various studies (Table 5). The SWR increase with an increase in penetration depth and screw diameter. SWR of the materials used in this study compensate results in literature. Moreover, results of the SWS for the veneer laminated panels (Popovska et al., 2019) and those of PW-MDF-PB and PW-PB-PW sandwich panels (Figure 6) were close to each other.

Table 3. Sample statistics for the SWR and the withdrawal stiffness of PW, MDF, and PB

Material	Ultimate screw withdrawal load (N)			Withdrawal stiffness (N/mm ³)		
	Average	SD	CoV	Average	SD	CoV
PW	602.19	165.21	27.43%	10.09	1.38	13.73%
MDF	1248.75	42.29	3.39%	13.87	1.84	13.29%
PB	708.13	28.59	4.04%	6.26	0.40	6.40%

SD: Standard Deviation and CoV: Coefficient of Variation

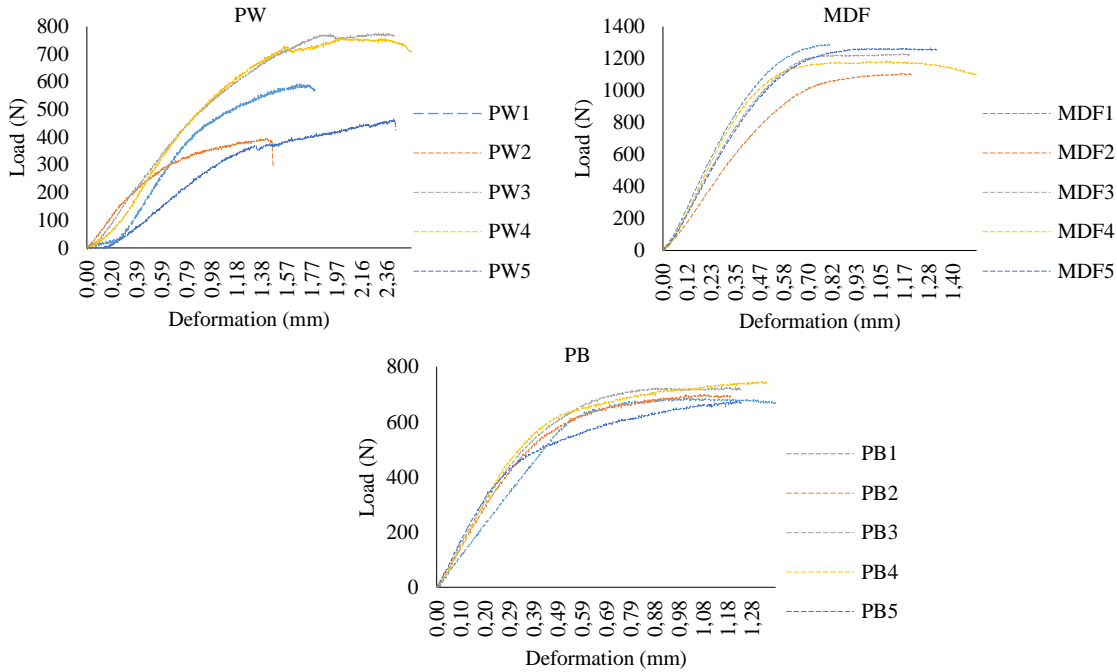


Figure 7. Load-deformation curves

Table 4. Results of the experimental and predicted SWR of panels

Material	Sample No	Ultimate SWR (N)	Predicted SWR (N)			Difference
			a*	b*	c*	
PW-MDF	1	2434.38	11061.56	2163.62	2163.62	11.12%
	2	2264.06				4.44%
	3	2353.13				8.05%
	4	2298.44				5.87%
	5	2492.19				13.18%
MDF-PW	1	2200.00	2163.62	11061.56	2163.62	1.65%
	2	1732.81				-24.86%
	3	1864.06				-16.07%
	4	2153.13				-0.49%
	5	2300.00				5.93%
PW-PB	1	1860.94	7019.60	1515.77	1515.77	18.55%
	2	1987.50				23.73%
	3	1939.06				21.83%
	4	1998.44				24.15%
	5	1904.69				20.42%
PB-PW	1	1518.75	1515.77	7019.60	1515.77	0.20%
	2	1782.81				14.98%
	3	1706.25				11.16%
	4	1498.44				-1.16%
	5	1778.13				14.75%
PW-MDF-PW	1	3562.50	8444.95	3303.64	3303.64	7.27%
	2	3359.38				1.66%
	3	3875.00				14.74%
	4	3812.50				13.35%
	5	3454.69				4.37%
PW-PB-PW	1	3084.38	5908.84	2551.83	2551.83	17.27%
	2	2673.44				4.55%
	3	2239.06				-13.97%
	4	2939.06				13.18%
	5	3206.25				20.41%

*a: First calculation in equations 4 and 5, b: Second calculation in equations 4 and 5, and c: Minimum of the a and b.

Table 5. SWRs of the materials in the various studies

Material	Penetration depth (mm)	Screw Diameter (mm)	SWR (N)		Test Standard	Reference	
			Face	Edge			
PW	Beech	12	3.5	1279	943	EN 13446	Birinci and Kaymakci (2023)
	Ozigo			726	563		
	Okoume			691	487		
	Larch	24	6.5	5430	-	KS F ISO 9087	Pang et al. (2020)
			8.5	6100	-		
	Larch	24	6.5	5426	-	KS F ISO 9087	Ahn et al. (2021)
		8	6100	-			
Beech	10-	3.5	2265	1573	TS EN 13446	Yorur et al. (2017)	
		4	2993	2096			
MDF	-	3.5	1048	335	TS EN 320	Yorur et al. (2020)	
		4	1167	401			
		4	1149	1066	Undefined	Wolpiuk and Sydor (2016)	
	15	6.3	1651	1620			
	15/19	3.8	1037	865	EN 320	Pour et al. (2022)	
		4	1191	1106			
	16/28	3.5	658	893	TS EN 13446	Uysal et al. (2023)	
16/30	4.5	681	1052				
PB	10	4	548	254	EN 320	Guo et al. (2018)	
		5	488	324			
		6	452	208	TS EN 320	Yorur et al. (2020)	
	-	3.5	1007	476			
		4	1053	620	Undefined	Wolpiuk and Sydor (2016)	
	15	6.3	964	724			
	16/28	3.5	495	675	TS EN 13446	Uysal et al. (2023)	
	16/30	4.5	511	830			
Veneer Laminated Wood based panel (Core:PB)	Beech-Pine			12.81*	2.04*	Undefined	Popovska et al. (2019)
	Poplar-Pine			11.31*	2.65*		
	Poplar-Beech			13.24*	3.24*		

* Values in N/mm² for SWS of materials

4. Conclusion

In this study, the SWS of the PW laminated panels and sandwich panels were determined, and their SWR was estimated by using the SWR, the withdrawal stiffness, and the density of the material used in each layer.

- The results showed that laminated panels and sandwich panels could be designed for screw-based joints by considering the SWR of the material used in panels as core and face layers.
- The highest average density was obtained for MDF. However, PW-MDF-PW had the highest SWS. It showed that sandwich panels could be lighter due to a higher strength/density ratio. Besides, there is no statistically significant difference in which face of MDF or PB laminated, but top face laminated panels had a higher strength.
- In the prediction of the SWR of laminated panels and sandwich panels, experimental values and predicted values were differentiated between 0.20% and 24.86%. It was around from 1.66% to 20.41% for sandwich panels, which roughly satisfied the predicted values in literature, around 13-14% (Pang et al., 2020).
- The procedure gives better prediction for panels with bottom- or core-layers having higher withdrawal stiffness compared to those of top layers.

References

Ahn, K.S., Pang, S.J., Oh J.K., 2021. Prediction of withdrawal resistance of single screw on Korean wood products. *Journal of Korean Wood Sci. Technol.* 49(1): 93-102. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2021.49.1.93>

Basha, M., Wagih, A., Melaibari, A., Lubineau, G., Abdraboh, A.M., Eltaher, M.A., 2022. Impact and post-impact response of lightweight CFRP/wood sandwich composites. *Composite Structure*, 279: 114766. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.114766>

Birinci, E., Kaymakci, A., 2023. Effect of freeze–thaw cycling on the screw direct withdrawal resistance of Beech, Ozigo, and Okoume plywoods. *Forests*, 14: 1243. <https://doi.org/10.3390/f14061243>

Darzi, S., Karampour, H., Gilbert, B.P., Bailleres, H., 2018. Numerical study on the flexural capacity of ultra-light composite timber sandwich panels. *Composite Part B*, 155: 212–224. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.08.022>

Eckelman, C.A., 1975. Screw-holding performance in hardwoods and particleboard. *Forest Products Journal*, 25(6): 30-35.

Edgars, L., Kaspars, Z., Kaspars, K., 2017. Structural performance of wood based sandwich panels in four-point bending. *Procedia Engineering*, 172: 628–633. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.073>

Erdil, Y.Z., Zhang, J., Eckelman, C.A., 2002. Holding strength of screws in plywood and oriented strand board. *Forest Products Journal*, 52: 55–62.

Guo, Y., Zhu, S., Chen, Y., 2018. Constructive analysis of screw withdrawal resistance between bamboo-oriented strand board and conventional particleboard. *Wood Research*, 63: 1071–1080.

Lakreb, N., Bezzazi, B., Pereira, H., 2015. Mechanical behavior of multilayered sandwich panels of wood veneer and a core of cork agglomerates. *Materials and Design*, 65: 627–636. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.09.059>

- Pang, S.J., Ahn, K.S., Kang, S.G., Oh, J.K., 2020. Prediction of withdrawal resistance for a screw in hybrid cross-laminated timber. *Journal of Wood Science* 66: 79. <https://doi.org/10.1186/s10086-020-01926-8>
- Peliński, K., Smardzewski, J., Narojczyk, J., 2020. Stiffness of synclastic wood-based auxetic sandwich panels. *Physica Status Solidi B*, 1900749. <https://doi.org/10.1002/pssb.201900749>
- Perçin, O., Uzun, O., 2022. Screw withdrawal strength of heat-treated and laminated veneer lumber reinforced with carbon and glass fibers. *BioResources*, 17(2): 2486–2500. <https://doi.org/10.15376/biores.17.2.2486-2500>
- Popovska, V.J., Iliev, B., Mihajlova, J., 2019. Screw withdrawal resistance of composite wood-based panels (part II). *International Journal – Wood, Design & Technology* 8(1): 27-32.
- Pour, M.F., Hatefnia, H., Dorieh, A., Kiamahalleh, M.V., Afrouzi, Y.M., 2022. Research on medium density fiberboard (MDF) behavior against screw axial withdrawal: Impact of density and operational variables. *Structure* 39: 194-206. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.03.025>
- Semple, K.E., Smith, G.D., 2005. Prediction of internal bond strength in particleboard from screw withdrawal resistance models. *Wood and Fiber Science*, 38(2): 256–267.
- Smardzewski, J., 2019. Experimental and numerical analysis of wooden sandwich panels with an auxetic core and oval cells. *Materials and Design*, 183: 108159. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108159>
- Susainathan, J., Eyma, F., De Luycker, E., Cantarel, A., Castanie, B., 2017. Manufacturing and quasi-static bending behavior of wood-based sandwich structures. *Composite Structures*, 182: 487-504. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.09.034>
- TS EN 323, 1999. Ahşap esaslı levhalar – Birim hacim ağırlığının tayini. TSE, Ankara
- TS EN 326-1, 1999. Ahşap esaslı levhalar – Numune alma, kesme ve muayene. TSE, Ankara
- TS EN 13446, 2002. Ahşap esaslı levhalar – Bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayini. TSE, Ankara.
- Uysal, M., Tasdemir, C., Memis, D., 2023. Effect of epoxy resin reinforcement on screw withdrawal strength of fiberboard and particleboard used in furniture industry. *Drvena Industrija* 74(4): 491-500. <https://doi.org/10.5552/drvind.2023.0146>
- Wolpiuk, M., Sydor, M., 2016. Practical screw withdrawal strength in chosen wood-based composites. *Ann WULS - SGGW For Wood Technol*, 96: 310–314.
- Yorur, H., Tor, O., Gunay, M.N., Birinci, E., 2017. The effect of different variables on the direct screw withdrawal strength in plywood. *Kast Uni J Forestry Faculty* 17(2): 325-333. <https://doi.org/10.17475/kastorman.333858>
- Yorur, H., Birinci, E., Gunay, M. N., Tor, O., 2020. Effects of factors on direct screw withdrawal resistance in medium density fiberboard and particleboard. *Maderas Cienc y Tecnol*, 22: 375–384. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2020005000311>

Türk yaylarının yapımında kullanılan geleneksel ve yeni nesil tutkalların yapışma performanslarının karşılaştırılması

Salih Parlak^{a,*} , Oktay Gönültaş^b 

Özet: İlkel toplumlardan günümüz modern ordularına kadar insanoğlu varoluşundan beri rekabet ve savaş halinde olmuş, bu mücadeleyi kazanmak için farklı silah sistemleri geliştirmiştir. İlk kullanılan ve geliştirilen silahlardan olan ok ve yayın ilk kez ne zaman, nerede kullanıldığı belli değildir fakat savaşlarda en etkili silahlardan biri olmuştur. Bütün kültürlerde ok ve yay kullanılmasına rağmen geliştirilmesi ve kompozit yay formunu alması göçebe Orta Asya kültürlerinde olmuştur. Kompozit yayın imalinde ana bileşenlerin en önemlisi olan hayvansal tutkalların işlevini vurgulamak gerekir. Ahşap, boynuz ve hayvan tendonlarından oluşan malzemeleri güçlü bir şekilde bir arada tutan tutkalların imali ve kullanımı kompozit yayların yapımını mümkün kılmıştır. Bu makalede yay yapımında kullanılan geleneksel tutkallar ile yeni nesil tutkalların yapışma performansları çekme testi ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada Tatar akçağacından (*Acer tataricum* L.) hazırlanan ahşap yapışma örnekleri 10 farklı tutkalla 5 bar basınç altında sıcaklık uygulanmadan yapıstırılıp hazırlanmıştır. Çekme testlerinde elde edilen verilere göre en yüksek yapışma mukavemeti deri tutkalından elde edilmiştir. Hayvansal tutkalların kimyasal yapıları, yapısında bulunan fonksiyonel gruplar ve farklılıkları FTIR analizi ile incelenmiştir. Elde edilen spektruma göre hayvansal proteinler için karakteristik pikler belirlenmiştir. Ancak farklı kaynaklardan elde edilen örneklerin amid pik şiddeti farklılıkları ve dalga boyu kaymaları ortaya konulmuştur. Ayrıca lap shear yapışma testi örneklerinin yapışma hattı ışık mikroskobu altında tutkal penetrasyonu ve ahşap tutkal etkileşimi açısından incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yay, Protein tutkalı, FTIR, Yapışma performansı

Comparison of the adhesion performances of traditional and new generation adhesives used in the making of Turkish bows

Abstract: From primitive societies to today's modern armies, mankind has engaged in competition and warfare since its existence, developing various weapon systems for prevailing in these conflicts. Although it remains unclear when and where the bow and arrow, among the earliest weapons used and developed, were first employed, they have consistently been one of the most effective war instruments. The development of bows and arrows, particularly the transition to composite bows, is notably associated with nomadic Central Asian cultures. It is crucial to highlight the significance of animal adhesives, which are pivotal components in the production of composite bows. The utilization of adhesives to bind materials such as wood, horn, and animal tendons facilitated the creation of composite bows. This article compares the adhesion performances of traditional animal protein-based adhesives used in bow production and new-generation commercial adhesives with the tensile test. Tatar maple (*Acer tataricum* L.) wood adhesion samples were employed in the study, bonded with ten different adhesives under 5-bar pressure without applying heat. The tensile test results indicate that hide glue has the highest adhesion strength. The chemical structures of animal adhesives, the functional groups within the structure, and their variations were analyzed through FTIR analysis. Characteristic peaks for animal proteins were identified in accordance with the obtained spectrum. Furthermore, differences in amide peak intensities and wavelength shifts were detected among samples obtained from various sources. Additionally, the adhesion line of the lap shear adhesion test samples was examined under a light microscope to assess adhesive penetration and the interaction between wood and adhesive.

Keywords: Bow, Protein adhesive, FTIR, Adhesion performance

1. Giriş

Dünya tarihinde askerlik ve harp sanatı açısından dikkat çeken milletlerin başında Türkler gelmektedir (Eralp, 1993). Zorlu coğrafyada hayatta kalmanın tek yolu sağlam bir ordu ve üstün silahlara sahip olmaktır. Bu bakımdan silah yapımı Türklerde en üst düzeyde gelişme göstermiş, mükemmel yay üretmeleri ve bunları maharetli bir şekilde kullanmalarından dolayı "okçu/kemankeş millet" sıfatı ile anılmışlardır

(Göksu, 2013; Küçük, 2018). Bir savaş aleti olarak ok ve yay Türk kavimlerinin günlük yaşamında önemli bir rol oynamış (Bir vd., 2006) ve Türk tarihinde değerli izler bırakmıştır (Çetin, 2011).

Kazanılan zaferlerde okçular her zaman başat rol oynamışlardır. Düşmanla göğüs göğüse gelmeden etkili olabilmeleri, ustalıklı kullandıkları uzak mesafe silahı olan ok ve yaya bağlıdır (Yücel, 1999). Yayların kısa oluşu, gücünü ve atış mesafesini artırdığı gibi süvarilere at üstünde

* Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

^b Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): salih.parlak@btu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 04.09.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 25.12.2023



Citation (Atıf): Parlak, S., Gönültaş, O., 2024. Türk yaylarının yapımında kullanılan geleneksel ve yeni nesil tutkalların yapışma performanslarının karşılaştırılması. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 89-99. DOI: [10.18182/tjf.1355170](https://doi.org/10.18182/tjf.1355170)

daha rahat hareket kabiliyeti ve her yöne manevra yapip ok atabilme imkânı sağlamıştır (Karpowicz, 2008; Göksu, 2013; Metin, 2014; Randall, 2016; Doğan, 2017).

Türk yaylarının da dâhil olduğu kompozit yaylar, ahşap bir iskelet, boynuz, sinir ve hayvansal tutkallardan oluşmaktadır (Asbell vd., 1993). Kompozit yay, teknolojik olarak en sofistike olanıdır ve yapımı yüksek düzeyde beceri gerektirir (Knecht, 1997). Kompozit yaylar, boynuz-ahşap-sinir-tutkal gibi farklı malzemelerin elastik ve mekanik mükemmelliğini birleştiren en iyi ve en kullanışlı yayları temsil etmektedir (Latham ve Paterson, 1970; Klopstek, 1987; Kooi, 1994; Grayson vd., 2007). Kompozit yaylarda, sinir kaplı dış yüzeyi gerilme, boynuz kaplı iç yüzey ise sıkışma kuvvetlerine maruz kalır (Randall, 2016). Uzun çekişli, kısa ve hafif yay kolları, kompozit bir yayın yüksek miktarda enerji depolamasını ve oka diğer yay türlerinden daha verimli aktarılmasını sağlar (Knecht, 1997). Boynuz ve sinir birim kütlede ahşaptan daha fazla enerji depolanmasını sağlar. Döşenen sinir esneklik sağlayarak yayın gücünü artırırken boynuz sıkışma kuvveti sayesinde kırılmaya karşı direnci artırır (Grayson vd., 2007; Karpowicz, 2008).

Birçok millet, boynuz ve sinirden yapılan kompozit yayları kullanmasına rağmen, yüksek gücü, etkinliği ve aynı zamanda küçük, zarif ve hafif yayların yapımında hiçbirisi Türkler kadar uzmanlaşmamıştır (Klopstek, 1934). İdeal yay, kolları kısa ve hafif olan yaylardır ve kompozit yayların içerisinde en gelişmiş olanı Türk yaylarıdır (Klopstek, 1987; Karpowicz, 2008). Yayda enerji depolanmasında prensip, yay kollarında en az materyalin kullanılması ve aynı zamanda sağlamlığın elde edilmesidir. Diğer kompozit yaylardan tasarım farklılıkları, malzeme ve yapım teknikleri Türk yaylarının performansını artırmaktadır (Karpowicz, 2008). Bu mükemmelliğe yüzyıllar süren deneme ve araştırmaların neticesinde ulaşılmış, maliyetli ve temini güç olsa da daima en uygun ve kaliteli malzeme kullanılmıştır (Yücel, 1999; Parlak, 2020). Kısa Türk yaylarında birim kütle başına depolanan enerji miktarı bu yayların üstün performansını meydana getirmiştir (Kooi, 1994).

Ahşap tutkalları İran, Çin ve Mısır gibi eski uygarlıklardan buyana kullanılan, muhtemelen insanoğlunun bildiği en eski yapıştırıcıdır (Petrie, 2007). MÖ 3000 yıllarında Sümerler'in hayvan derilerinden tutkal ürettikleri bilinmektedir (Mikhail, 2009). Hayvansal kökenli ahşap tutkalları epitel, bağ, kas ve sinir olmak üzere dört ana dokudan elde edilebilir (Haupt vd., 1990; Harrison vd., 2005; Schellmann, 2007; Tousei vd., 2014). Bu hayvansal tutkallar ahşap yüzeyler arasında esnek ve yüksek mukavemetli bağlar oluşturmakta, tamamen kuru tutulduklarında ise uzun süre yapışma gücünü koruyabilmektedir (Pizzi ve Mittal, 2003). Tutkallar yapıştırılan elemanlar arasında yükü dağıtarak ve transfer ederek ahşap elemanların gerilimini azaltır. Protein bazlı tutkallar yoğunluğu yüksek ahşaplarda uzun süreli suya veya sürekli yüksek neme maruz kalmaya dayanıklı değildir (Frihart ve Hunt, 2011). Yapıştırılacak yüzeyin tam ve eşit bir şekilde ıslanması, güçlü bir yapışma için önemli bir ön koşuldur. Tutkalın iyi yapışma özelliğinin bir göstergesi de temas açısıdır. Temas açısının küçük olması, daha az yüzey gerilimi, daha iyi yayılım ve yapışma özellikleri gösterir (Habenicht, 2009; Kumar ve Pizzi, 2019). Hayvansal tutkallarda yavaş jelleşme ve daha düşük viskozite, tutkalın düzgün bir şekilde yayılarak yüzeyin yeterli derecede ıslanması sonucunda düzgün film oluşumu sağlar. Tutkal çözeltilisinin yüzey gerilimindeki azalma ıslatma özelliğini iyileştirmektedir (Schellmann, 2007). Sıvının yüzey

üzerindeki ıslanma davranışı sadece viskozitesine değil, aynı zamanda yüzey gerilimine de bağlıdır (Habenicht, 2009). Yay yapımında kullanılan hayvansal kökenli tutkallar boynuz ve ahşap gibi yüzey özellikleri ve pürüzlülükleri farklı iki maddeyi mükemmel derecede yapıştırabilmektedir. Ahşap yüzeyler, doğası gereği eskime ve oksidasyon ile değişir. Ağacın özsuyu, ekstraktifler, reçineler veya koruyucular da yapışma gücünü etkiler. Genel olarak yeni kesilmiş ahşap yüzeyler gözenekli yapısı nedeniyle yapıştırma için idealdir (Adams ve Wake 1986; Petrie 2007).

Soğutulduklarında hayvansal tutkal sulu çözeltilerinin jelleşmesi önemli bir özelliktir (Pizzi ve Mittal, 2003). Bu tutkalların sertleşme süresi, jelleşme sıcaklığına, jel kuvvetine, ortam sıcaklığına ve bağlı neme bağlıdır. Hayvansal tutkallarda jelleşme sıcaklığının biraz üzerindeki sıcaklıkta kurutulduğunda doğal olarak oldukça kararlı ve elastik filmler geliştirir (Schellmann, 2007). Bu bakımdan yayın halkaya çekilmesinden sonra en az 6 ay süreyle kurumaya bırakılması yapışma özelliklerini en üst düzeye çıkardığı söylenebilir. Karpowicz (2008) tutkalın daha fazla süreyle kurumaya bırakılmasının sertleştirmeyi sağladığını ve yayın verimliliğini artırdığını bildirmektedir. Yaya Sinir ve tutkal vurulduktan sonra her iki malzeme de nem kaybindan dolayı kurumaya başlar ve birbirine iyice yapışır. Tutkal molekülleri bu aşamada hidrojen bağı oluşturur ve malzemeler her yönden büzülmeğe başlar. Tutkalın bu kuruma ve büzülme özelliği yaya refleks yapı kazandırmaktadır (Karpowicz, 2008).

Tutkalın esneyebilme özelliği sayesinde yaydaki gerilimlerde, hem malzeme hem de hayvansal tutkallar birbirlerine çok iyi uyum sağlamaktadır. Özellikle yayın çekişi esnasında sinir kısmında oluşan aşırı gerilimlere dayanma ve yay bırakıldığında oluşan kuvvetlere karşı koyabilme sağlam yapışma ve esneme özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Kompozit yayların iskeletini oluşturan ahşapta aranılan özellikler; tutkalın kolayca yapışabilmesi ve sert fakat kırılğan olmaması, esnek ve kolay bükülebilir ve yayın çalışması esnasında burkulmalara karşı koyabilecek kadar sıkı dokulu ve yoğunlukta olmasıdır (Knecht, 1997). Yüzeyine kolay taşın çekilebilmeli, tutkal kolay penetre olmalı ve gerilimlere dayanabilmelidir. Yayda kullanılan ahşap gerilme ve sıkışma kuvvetlerinden daha fazla, boyuna oluşan makaslama kuvvetlerine dayanacak özellikte olmalıdır. En iyi ağaçlar yıllık halkaların rahatlıkla seçildiği gözenekli ağaçlardır. Tatar akça ağacı da Türk yayları yapımında kullanılmıştır (Karpowicz, 2008). Akça ağaç ahşap kısımların ve boynuzun yapıştırılmasında güçlü yapışma özelliği göstermektedir (Loades, 2016).

Lif haline getirilmiş sinirlerin ahşaba döşenmesinde kullanılan tutkal, lifleri bir arada tutmaktan ziyade, ahşap iskelete yapıştırma işlevi açısından daha önemlidir. Hayvansal tutkallar sinir (kolajen) ile aynı bileşime sahip olduğundan, vurulan sinirlerle son derece homojen bir tabaka haline gelir ve tutkalın bu işlevi eşsizdir (Klopstek, 1934). Ahşap, boynuz, sinir ve tutkal gibi dört farklı malzemeden yapılan kompozit yaylarda en önemli bileşen tutkaldır (Knecht, 1997; Karpowicz, 2008). Yay yapımında deri, balık ve sinirden elde edilen hayvansal tutkallar kullanılmaktadır (Schellmann, 2007). Sadece deri ve balık tutkalları, sinir ve boynuzu ahşap bir malzemeye yapıştırma gücüne ve esnekliğine sahiptir. Bu tutkalların esnekliği aynı zamanda kompozit yayların genel dayanıklılık ve esnekliğine de katkı sağlamaktadır (Loades, 2016). Yayda kullanılan malzemeleri

büyük gerilimlere rağmen bir arada tuttuğundan tutkal kalitesi çok önemlidir (Klopstek, 1987). Pizzi ve Mittal (2003) hayvansal tutkalların ahşaptan daha yüksek gerilme mukavemetine sahip olduğunu belirtmektedir. Bu bakımdan bükülmenin maksimum olduğu noktalarda ahşapta meydana gelen sürüklenme (Bergman, 2011) ve gerilme kuvvetlerine karşı mükemmel uyum sağlamaktadır. İyi bir tutkal yüksek kırılma mukavemetine ve esnekliğe sahip olmalıdır (Allely vd., 1992). Tutkalın daha esnek olması için yoğunluğunun azaltılması gerekir. Fakat yoğunluğun azaltılması çekme mukavemetini de azaltır (Petrie, 2006). Hayvansal tutkallarda uygulamanın dört temel esası, yüzeylerde ince bir film oluşturma, oluşturulan bu filmin yapışkan hale gelmesini sağlama, yüzeyler arasında tam temas sağlama ve eşit ve yeterince uzun süre basınç uygulamadır (Pizzi ve Mittal, 2003).

Yay yapımında hayvansal tutkalların önemli avantajları olduğu gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Başlıca dezavantajları, kullanımlarında hassas sıcaklık kontrolü gerekmesi ve yapışma yüzeylerinin düşük nem direncidir. Bu bakımdan hayvansal tutkalların hiçbiri neme, suya, küfe ve çürümeye karşı dirençli değildir (Pizzi ve Mittal, 2003; Schellmann, 2009; Mikhail, 2009) ve yüksek nem hayvansal tutkalların yapışma gücünü etkileyebilir (Bridarolli vd., 2022). Bu nedenle yayın kompozit yapısı, oldukça nemli iklime sahip yerler için uygun değildir (Randall, 2016). Yayın ıslanması veya uzun süre nemli havaya maruz kalması durumunda, sinir nemi emip gerildiğinden performans düşmekte ve yay kırılmaktadır (Allely vd., 1992). Yaylar ve kirişin ıslanması ve kullanılmaz hale gelmesi nedeniyle savaşın kaybedildiği örnekler vardır (Göksu, 2013).

Mekanik kuvveti sağlamanın en iyi yolu soğuduğu zaman jelleşen bir tutkal üretebilmektir. Hayvansal tutkallar ahşaba sıcak ve viskoz olarak uygulandıklarında, hızla soğuyarak jel mukavemeti geliştirirler. Kuruduğunda ahşaptaki gözenekli yapıya nüfuz ederek esnek ve yüksek dayanıklı bağlar oluşturur (Asbell vd., 1993; Pizzi ve Mittal, 2003). Sıcak suda dağıntık halde bulunan protein molekülleri soğuduğunda ağ yapısı geliştirilerek jelleşir. Jelleşme protein moleküllerinin kısmen tekrar şekil değiştirmesi sonucu meydana gelir. Hidrojen bağları sonucu oluşan jelleşme kuruduktan sonra sert ve güçlü hale gelir. Jel ne kadar kuvvetli olursa yapışma da o oranda güçlü olur. Yoğun tutkalda moleküller birbirine yakın olduğundan daha hızlı jelleşme görülür (Karpowicz, 2008). Tutkalın daha iyi nüfuz etmesi için düşük yoğunluklu tutkal sıcak halde uygulanmasına rağmen, nihai yapıştırmada daha yoğun tutkal tercih edilmektedir. Klopstek (1987) bu oranı kuru tutkalın ağırlıkça iki kısım tutkal ve beş kısım su ile karıştırılarak elde edilebileceğini bildirmektedir. Fakat tutkal jelleşmeden rahat çalışabilmek için ağırlıkça dört kısım tutkal ve bir kısım su oranında karıştırılması ve çözeltilerin 60°C civarında hazırlanması tavsiye edilmektedir (Klopstek, 1987; Schellmann, 2009).

Hayvansal tutkallar, memeli hayvan veya balık kolajeninden elde edilen doğal biyopolimerlerdir. Memeli hayvanlardan elde edilen jelatinler yaklaşık 30–35 °C'ye, soğuk su balıklarının jelatinleri ise yaklaşık 8 °C'ye kadar jelleşmeden kalabilmektedir. Ancak, tutkalın imalatı aşamasında sıcaklığı önemli ölçüde aşılırsa jelleşme sıcaklığı düşmektedir (Schellmann, 2007; 2009). Hayvansal tutkalların geniş bir kısmını oluşturan, memeli hayvanlardan elde edilen jelatinler, balık derisi, kemiği, yüzgecinden elde edilen deniz kaynaklı jelatinlerden daha güçlü yapışma özelliğine sahiptir ve daha yumuşaktır (Allely vd., 1992).

Kolajenin tutkal olarak kullanılabilen jelatine dönüşmesi için denatürasyon süreci gereklidir. Memeli hayvan kolajeni 40-41°C'de denatüre olurken, balık tutkalları ve diğer balık kolajenleri daha düşük sıcaklıklarda denatüre olur. Kolajen bazlı tutkalların hazırlama sıcaklıklarının genellikle 55-63 °C civarında olması tavsiye edilir. Balıklardan elde edilen tutkallara kimyasal yapıları nedeniyle memeli hayvan tutkallarına göre ısıtıldığında daha kolay parçalanır (Schellmann, 2007, 2009). Memeli hayvan kolajenleri, balık kolajenindeki moleküller arası stabilize edici bağların azlığı nedeniyle, daha güçlü tutkallar verme eğilimindedir (Schellmann, 2007, 2009). Deri ve sinir tutkallarının özellikleri benzerdir. Hızlı jelleşirler ve yapışma daha güçlü meydana gelir. Bu tutkalların iyi ıslatma özelliği için sıcak ortamlarda düşük yoğunluklu olarak hazırlanırlar (Karpowicz, 2008).

1.1. Deri tutkalları

Farklı hayvanların derilerindeki kolajen dokularından elde edilmektedir. Memeli hayvan kolajenleri daha güçlü tutkallar verme eğilimindedir (Schellmann, 2007, 2009). Deri ve sinir tutkallarının özellikleri benzerdir. Hızlı jelleşirler ve yapışma daha güçlü meydana gelir. Bu tutkalların iyi ıslatma özelliği için sıcak ortamlarda düşük konsantrasyonlu olarak hazırlanırlar (Karpowicz, 2008). Memeli hayvan jelatinlerinin termal ve ultraviyole etkisiyle gerilme mukavemetinin arttığı, ancak değişken bağıl nem ve sıcaklıkta daha sert ve kırılğan hale geldiği belirlenmiştir (Schellmann, 2007).

1.2. Balık Tutkalları (isinglass)

Farklı türdeki balıkların hava kesesinden elde edilen tutkallardır. Saf beyaz, yarı şeffaf, kuru, sert dokulu ve kokusuzdur. 35-50 °C arasındaki suda bir kalıntı bırakmadan çözünür ve soğutulduğunda neredeyse renksizdir. Hazar ve Karadeniz'de yaşayan birkaç mersin balığı (*Acipenser*) türünden elde edilir. Göksu (2013) yay yapımında kullanılan balık tutkalının en çok talep edileni, Tuna, Dinyeper ve Volga nehirlerinin denize döküldüğü yerde yaşayan Mersin Morinasının damak derisi veya hava kesesinden imal edildiğini bildirmektedir. Balık tutkalları güçlü ve esnektir (Allely vd., 1992). Bu tutkalların yavaş jelleşmesi, ıslatma özelliğinin daha iyi olmasını sağlar ve hidrojen bağlarından dolayı kuruduğunda yüzeylere daha iyi yapışma özelliği gösterir. Deri tutkalları kuruduğunda ısıya karşı daha dayanıklı hale gelmektedir. Bu bakımdan yay yapımında sıcak iklimlerde deri tutkalı, daha nemli iklimlerde balık tutkalı kullanımı daha uygundur (Karpowicz, 2008).

1.3. Balık jelatini

Balığın derisinden, kemiklerinden veya pullarından elde edilen tutkallardır. Genelde morina balığının derisinden yapılır (Petrie, 2007).

1.4. Kemik tutkalları

Kemiklerden elde edilen tutkallardır. Suda deri tutkallarından daha fazla çözünürler. Kemiklerden elde edilen tutkallar, yüksek inorganik maddeler ve yağ içeriğinden hayvan derilerinden elde edilen tutkallara göre daha kalitesizdir (Pizzi, 1994) ve bundan dolayı yapışma mukavemetinin deri veya balık tutkalının yarısı olduğu ifade edilmektedir (Karpowicz, 2008).

1.5. Sinir tutkalları

Gelibolu yakınlarındaki Çağa adlı köyde üretildiğinden Çega veya Çağa tutkalları olarak bilinmektedir. Sinir liflerinin uzun süre kaynatılması ile elde edilmektedir. Türk yay ustaları sadece sinir tutkalları kullanarak da yay imal etmişlerdir (Kani, 1847).

1.6. Polivinil asetat (PVA)

"Beyaz tutkal" olarak bilinir. Uçucu bileşikler buharlaşarak PVA tutkalın sertleşmesini ve gerilme mukavemeti kazanmasını sağlar. Bu su bazlı tutkallar anında yapıştırma kabiliyetine ve kürlendiğinde, solvent bazlı yapıştırıcılar kadar nem direncine sahip değildir. Çapraz bağlanmada bile ağır yük altında sünme eğilimindedir. Tekrarlanan donma-çözülme döngüleri ile bozulabilir ve raf ömrü genellikle sınırlıdır. Polivinil asetat yapıştırıcı, özellikle düşük sıcaklıklarda nispeten esnekler. Ahşapı yapıştırmak için 20 C⁰'de 10 bar basınç uygulama ve 10 dakika ile 3 saat arasında kuruma süresi ve iyi yapışma için 1-7 gün arasında şartlandırma önerilmektedir (Oliver, 1981; Pizzi ve Mittal, 2003; Petrie 2007; Habenicht, 2009).

1.7. İki bileşenli epoksi reçine tutkalları

Çalışma kapsamında kullanılan iki bileşenli epoksi reçinelerden ticari ismi Pattex Kraft-Mix (Henkel, Germany) ve lamine yayların yapımında kullanılan tutkal (Smooth-on EA-40) kullanılmıştır. Soğuk sertleşen iki bileşenli epoksi reçine tutkalları güçlü ve fonksiyonel birleştirmeler sağlamaktadır. İki bileşenli tutkallarda bir bileşen diğerine çoğunlukla ekzotermik bir reaksiyonla çapraz bağlanır. Sıcaklık muamelesi kürlenme süresini kısaltır, ancak mutlaka yapılması gerekmez (Gierenz ve Karmann, 2001; Habenicht, 2009; Mikhail, 2009). Epoksi reçinelerin üstün fiziksel özellikleri; kürlenmede düşük büzülme, uçucu madde yaymaması, çok sayıda malzeme ile uyumluluk, mukavemet ve dayanıklılık, yapışma, korozyon ve kimyasallara direnç, elektrik yalıtımı, boşlukları iyi doldurma, viskozite ve sertleşme süresinin ayarlanabilmesidir. Epoksi reçineler kuru halde ahşapla güçlü bağlar oluşturur. Suda tekrar ıslatmaya ve kurumaya maruz kaldıklarında, dış ortamda kullanılan ahşap yapıştırıcılar kadar dayanıklı değildir (Kumar ve Pizzi, 2019). Uzun raf ömrüne sahiptir. Ayrıca, epoksi reçine hem ortam sıcaklığında hem de yüksek sıcaklıklarda kürlenebilir

ve kürlenmede minimum basınç gerektirir (Allely vd., 1992; Petrie, 2006).

Yay yapımında kullanılacak ağaçların taşınması gereken fiziki niteliklere ilaveten, botanik ve mekanik özellikleri de önem taşımaktadır (Parlak, 2020). Kompozit yayların iskeletini oluşturan ahşapta aranılan özellikler; tutkalın kolay penetre olması, kırılma olmaması, kolay taşın çekilebilmesi, esnek, kolay bükülebilir ve yayın çalışması esnasında burkulmalara karşı koyabilecek kadar sıkı dokulu ve yoğun olmasıdır (Knecht, 1997; Karpowicz, 2008). Yay yapımında farklı ağaçlar kullanılsa da en fazla tercih edilen ince dokulu akçaağaçtır (Klopstek, 1934; 1987; Karpowicz, 2008). Arkeolojik bulgular kompozit yay yapımında akçaağacın kullanıldığına dair bilgiyi desteklemektedir (Balogh, 2016). Kırık bir yaydan alınan parçada, kullanılan ağacın ova akçaağacı (*Acer campestre* L.) olduğu belirlenmiştir (Gündüz vd., 2013). Bu tercihte, rahat işlenebilme, kolay bükülebilme gibi özelliklerin yanında, tutkalın iyi derecede penetre olması, tutkala yatırıldığında esneklik kazanması gibi özellikler etkili olmaktadır (Klopstek, 1934; İrtem, 1939; Göksu, 2013). En iyi yaylık ağaçların Kastamonu ve Gerede civarında yetişen akçaağaçlardan elde edildiği ve bu akçaağacın tutkalı iyice "içtiği" belirtilmektedir. Laboratuvar testlerinde de tutkalın akçaağaca iyi penetre olduğu bildirilmektedir (Klopstek, 1934, 1987; Yücel, 1999). Akçaağaç, ahşap kısımların ve boynuzun yapıştırılmasında da güçlü yapışma özelliği göstermektedir (Loades, 2016). Ova akçaağacının yanında Tatar akçaağacı (*A. tataricum* L.)'da Türk yayları yapımında kullanılmıştır (Karpowicz, 2008).

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada, böcek ve mantari etmenlerin zarar vermesini önlemek için, vejetaston dönemi dışında Trakya Bölgesinden kesilen Tatar akçaağaçları (*A. tataricum* L.) kullanılmıştır. Kesilen tomruklar dalsız ve budaksız gövde kısımlarından alınmış ve 20-25 cm çapları arasında değişen kalınlıktadır.

Çalışmada kullanılan ticari ürün hayvansal tutkallar; deri (Kramer, 63020), balık, balık hava kesesi (Isinglass-Kremer Fish Glue blend, 63080), kemik (Yerel üreticiden) ve jelatin (Merck 1.04078.1000) tutkallardır (Çizelge 1). Sinir tutkalları ise laboratuvar ortamında hazırlanmıştır. Sinir vurma için ayıklanan sinirlerden artan lifler tutkal yapımında kullanılmıştır. Bu liflendirilmiş sinirler 24 saat süreyle saf suda bekletilip birkaç kez yıkanarak durulanmıştır. Daha sonra bir kap içerisinde konan sinirlerin üzerine saf su doldurularak doğrudan ateş üzerine konulup 8 saat süreyle kaynatılmıştır. Buharlaşmayla su azaldığında sürekli saf su ilavesi yapılmıştır. Kaynayan ve yumuşayan sinirler blendırla parçalanmıştır. Karışıma saf su ilave edilerek bir saat süreyle tekrar kaynatılmıştır. Viskozitesi artarak bal kıvamına gelen karışım 1-2 mm kalınlıkta plastik kalıplara dökülmüş ve üç günlük kuruma süresinden sonra plakalar halinde sinir tutkalları elde edilmiştir.

Çizelge 1. Tutkal grupları ve özellikleri

Grup	Tutkal tipi	Formülasyon / Özellik
T1	Smooth-On Epoxy- EA 40	(Karışım oranı: 1/2.44)
T2	Smooth-On Epoxy- EA 40	(Karışım oranı: 1/1)
T3	Deri protein tutkalı	(%30 oranında) (Kramer hide glue-63020)
T4	İki bileşenli epoksi tutkalı	(Pattex)
T5	Jelatin balık protein tutkalı	(%30 oranında) Kremer Fish Glue blend (63080)
T6	Balık protein tutkalı	(%30 oranında)
T7	Analitik kalite jelatin	Merck CAS- 9000-70-8 (%30 oranında)
T8	Kemik protein tutkalı	(%30 oranında) (Yerel üretici temin edilmiştir)
T9	Tanen tutkalı	(Kızılcım kabuk taneni)
T10	PVA tutkalı	(Wincell-ticari marka)
T11	Sinir protein tutkalı	(%30 oranında) (Laboratuvar şartlarında imal edilmiştir)
T12	Deri protein tutkalı-iki aşamalı uygulama*	(%30 oranında) (Kramer hide glue-63020)

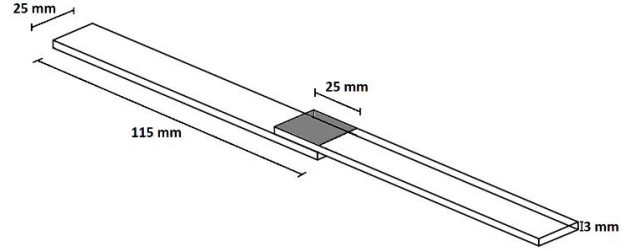
*Ardışık 10 kat %10'luk ve 1 kat %30'luk son tutkallama

2.2. Yöntem

2.2.1. Lap shear örneklerinin hazırlanması

Tatar akçaağaçları (*A. tataricum*) kış döneminde kesilmiş, hemen kabukları soyularak çatlamaması için baş kısımları beyaz tutkale (PVA-polivinil asetat) batırılmış gazete kâğıdı ile kaplanmıştır. En iyi tutkal performansı, nem içeriğinin %6-14 arasında elde edildiğinden (Mikhail, 2009; Frihart ve Hunt, 2011) tomruklar yaklaşık iki yıl süreyle kurutulmuş ve lif doğrultusunda yarılarak dört parçaya ayrılmıştır. Lif dönüklüğü, nokta budak oluşumu gibi kusurları olanlar ayrılarak yay yapımına uygun olanlar lata haline getirilmiş ve iki yıl süreyle kurutulmuştur. Bu latalardan da Şekil 1'de verilen ölçülerde lap-shear örnekleri hazırlanmıştır. Basit, ucuz olması, standart bir çekme test makinesi kullanması ve karşılaştırma için çok sayıda verinin mevcut olması gibi avantajları (Adams ve Wake, 1986) nedeniyle çalışma kapsamında hazırlanan tutkalların yapışma performansı lap shear testi ile belirlenmiştir. Optimal yapışmayı sağlamak için çalışmada kullanılan ahşap iki yıl süreyle kurutulmuş ve 30 lap shear örneğinde ortalama nem %8,8 olarak belirlenmiştir.

Lap shear örnekleri ahşap şerit testeresinde (Makita LB 1200) kesilmiş ve kesim yüzeylerine herhangi bir işlem yapılmamıştır. Örneklerin kalınlığını ölçmek için bir mikrometre (Micrometer Mitutoyo, model: M317-25; ölçüm aralığı 0–25 mm; derecelendirme 0,01 mm) kullanılmıştır. Ahşabın kesim yönü de yapıştırmada önemli rol oynar. Gövdenin radyal simetrisi ve selüloz liflerinin yönü mekanik ve yapışma özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Mikhail, 2009). Tutkal hücreye dik uygulandığında daha az nüfuz etmekte, hücre lümenlerine penetrasyona imkân verecek liflere paralel kesim yapıldığında daha fazla bağlanma yüzeyi oluşturduğundan daha iyi bir yapışma sağlanmaktadır (Lucas vd., 2012). Bu özellikler dikkate alınarak lap shear örneklerinin kesimleri radyal kesitler şeklinde hazırlanmıştır. Bunun için BS 1204 (1993) standardına uygun şekilde 3 mm kalınlık, 25 mm genişlik ve 115 mm uzunluğunda kusursuz Tatar akçaağacı (*A. tataricum*) kaplamalar kullanılmıştır. Kaplama örnekleri kullanılmadan önce iki hafta süre ile 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nemde bekletilerek klimatize edilmiştir.



Şekil 1. Lap shear örnek boyutları

2.2.2. Hayvansal tutkalların hazırlanması

Islatma özelliklerinin iyi olması ve ahşabın kapiler boşluklarına akabilmesi için tutkal uygun akıcılıkta olmalıdır (Frihart ve Hunt, 2011). Bu bakımdan genellikle kabza ve boynuzun yapıştırılmasında ve sinir vurulmasında %30 katı madde oranına sahip tutkal kullanılmaktadır (Karpowicz, 2008). Karşılaştırma yapabilmek için hayvansal tutkalların tümü %30 katı madde oranında hazırlanmıştır. Örneklerin yapıştırılması için tutkalların hazırlanmasında; deri, balık, kemik, sinir ve jelatin tutkalları bir gün önceden 30 g tutkale 70 ml saf su eklenerek 12 saat süreyle buzdolabında bekletilmiştir. Suyu emen ve şişen tutkalın özelliğinin bozulmaması için Benmari usulü (doğrudan ateş üstünde kaynatmak yerine, bir kabı sıcak suya oturarak içindekini ısıtma yöntemi) ısıtılarak sıvı hale getirilmiştir. Genellikle 60 °C civarında tutkal çözeltilerinin hazırlanması tavsiye edildiğinden (Schellmann, 2009) kullanım esnasında sıcaklığı ayarlanabilen elektrikli ocak üzerinde bekletilerek uygun sıcaklıkta sıvı halde kalmaları sağlanmıştır.

2.2.3. Tutkallama ve basınç uygulama

Akçaağaç kaplamaların tek yüzlerinde 25x25 mm alana yaklaşık 0,019-0,024 g/cm² sıcak halde tutkal sürülmüş ve tutkal uygulanmamış kaplama ile birleştirilmiştir. Hayvansal tutkallar köpüklenme ve hava kabarcıkları oluşturduğundan (Schellmann, 2007) daha iyi yapışma sağlamak için at kuyruğundan yapılmış fırça ile tutkal uygulanmıştır. Epoksi ve polivinil asetat (PVA) uygulamaları ise spatula ile yapılmıştır. Tutkal yapışma hattına uygulanan basınç yapışmayı olumlu veya olumsuz etkilemektedir. Uygulanan basıncın çok yüksek olması yapışma hattındaki tutkalı azaltacağından yeterli yapışma sağlanamamaktadır (Frihart ve Hunt, 2011). Pizzi ve Mittal (2003) 6,9-10,3 bar basınç uygulamayı yeterli görmektedir. Bu nedenle tutkallar sürüldükten hemen sonra, iki tabakalı test örneği laboratuvar tipi (Carver, 3969 Bench Top) pres kullanılarak 5 barlık basınç altında 10 dakika süreyle sıcaklık uygulanmadan

preslenmiştir. İşlem sonunda örnekler iki ay boyunca 20 °C'de %65 bağıl nemde klimatize edilmiştir. Örneklerde çekme mukavemeti değerleri 3 mm/dak çekme hızında universal test makinesinde (Shimadzu AG-IC) belirlenmiştir. Her örnek için 10 adet testin ortalama değerleri verilmiştir.

2.2.4. ATR-FTIR Analizi

Tutkal örnekleri 50 °C'deki etüvde 12 saat boyunca kurutulmuştur. Ardından öğütülerek toz haline getirilen örneklerin yapısındaki fonksiyonel gruplar incelemek için FTIR spektrumları Bruker Tensor 37 cihazı ATR modülü kullanılarak alınmıştır. 4000-400 cm⁻¹ dalga boyu aralığında, 4 cm⁻¹ çözünürlükte, 32 ölçüm şeklinde yapılmıştır. Spektrumların değerlendirilmesi Bruker OPUS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.5. Işık mikroskobu (LM)

Işık mikroskobu çalışması için lap shear yapışma testi örnekleri yapışma hattından kesilerek 1 cm³ büyüklüğünde örnekler hazırlanmıştır. Bu örnekler laktofenol mavisi boya ile boyanmış ve ardından Irmeco IM SZ550-T-ST5-H Stereo Zoom mikroskobu kullanılarak incelenmiştir. Görüntüler Toupview 3.7 yazılımı kullanılarak çekilmiş ve işlenmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

Yaylar, hammadde ve yapım yöntemlerine göre sadece ahşaptan yapılan basit yay, sinir takviyeli yay, kompozit yay ve lamine yay olarak ayrılmaktadır (Knecht, 1997). Kompozit yaylar diğerlerine göre daha fazla enerji depolar ve oka çok daha iyi transfer eder (Latham ve Paterson, 1970; Kooi, 1994; Grayson vd., 2007). Çünkü boynuz ve sinir birim kütlede ahşaptan daha fazla enerji depolamasını sağlar. Döşenen sinir daha fazla esneklik sağlayarak yayın gücünü artırırken boynuz sıkıştırma kuvveti sağlar ve kırılmaya karşı direnci artırır (Charles vd., 2007; Karpowicz, 2008). Türk yaylarında biçim mükemmelliği, malzeme kalitesi ve yapım üstünlüğü bir arada görülmektedir. Bu mükemmelliğe ulaşabilmek için yüzyıllar süren yorucu bir deneme ve araştırma çabası harcanmış, maliyetli ve temini güç olsa da daima en uygun ve kaliteli malzeme kullanılmıştır. Türk yaylarının diğer kompozit yaylardan form farklarının yanında malzeme ve yapım teknikleri bakımından da farklar bulunmaktadır (Yücel, 1999).

3.1. Tutkallar ve çekme dayanımı değerleri

Deri tutkallarının gerilme mukavemeti yaklaşık 39 MPa'dır (Schellmann, 2007). Allely vd. (1992) deri tutkalının 4,5 N/mm²'den fazla gerilme mukavemetine sahip olduğunu bildirmektedir. Çekme testleri uygulanan altı hayvansal, bir bitkisel ve üç modern tutkalın maksimum çekme kuvveti ortalaması Şekil 2'de görülmektedir. En yüksek çekme değerini ortalama 6,03 N/mm² ile deri tutkalı vermiştir. Değişen çevresel koşullarında deri tutkalı kemik tutkalına göre daha stabil davranmaktadır. Deri tutkalı mekanik yapışma bakımından balık tutkalı ile aynı, kemik tutkalından daha iyi yapışma sağlamaktadır. Esneklik bakımından ise hava kesesinden elde edilen (ısmglass) tutkalların deri tutkalına göre daha esnek özelliğe sahip olduğu, kemik tutkalının deri tutkalından esnek olmasına rağmen daha kırılabilir bir özellik gösterdiği bilinmektedir

(Schellmann, 2007). Hayvansal tutkalların yapışma kuvvetleri kıyaslandığında balık tutkalı 15 kg, sinir tutkalı 16 kg, kemik tutkalı 16 kg, deri tutkalı 17 kg, balık hava kesesi tutkalı 18 kg'lık yapışma kuvveti gösterdiği bilinmektedir (Allely vd., 1992).

Yapılan tek yönlü varyans analizinde tutkalların çekme mukavemetleri arasında istatistiksel fark bulunmuştur (Çizelge 2). Çalışmada, deri tutkalından (T3) alınan 6,03 N/mm² çekme dayanımının ardından en yüksek değer 5,60 N/mm² ile kemik ve analitik kalite jelatin tutkalından (T8) elde edilmiştir. Memeli hayvan jelatini, deniz türlerinden daha yüksek jel kuvvetleri üretmektedir. Yapılan testlerde, deri tutkalında (T3), balık tutkalına göre (T5), %30 daha fazla çekme dayanımı elde edilmiştir. Türk yaylarında boynuz yapılandırılmasında hem ahşaba hem de boynuz %10 gibi düşük yoğunluklu tutkal 8-10 kat sürülmektedir. Bunun amacı inceltirilmiş tutkalın küçük boşlukları doldurması ve ağacın gözeneklerine penetre olmasını sağlamasıdır. İlginç bir sonuç olarak bu uygulamada, tek seferde uygulanan deri tutkalından %25 daha düşük mukavemet değeri elde edilmiştir. Bunun nedeni ince sürülen film katmanlarının sertleşmesi sonucu son kat sürülen kıvamlı tutkal ile yeterince kaynaşmaması olabilir. Diğer tutkalların çekme mukavemetleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Deri tutkalı daha yüksek yapışma mukavemeti değerlerine sahip iken, kemik tutkalı düşük gerilme mukavemetine ve daha kırılabilir özelliklere sahiptir (Schellmann, 2007, 2009). Melià-Angulo vd., (2016)'de Kramer (63020 -BS: 230-280) deri tutkalının, Kramer 63010 (BS:240 ±20) balık tutkalından iki kat daha güçlü ve yaklaşık iki kat daha fazla uzama özelliğine sahip olduğunu bildirmektedir. Deri ve kemik tutkallarından sonra jelatin (Merk) tutkalından (T7) ortalama 5,33 N/mm² çekme dayanımı elde edilmiştir (Şekil 2).

Çizelge 2. Çekme mukavemet değerleri tek yönlü varyans analizi sonuçları

	Kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Sig.
Gruplar arası	94798413,599	11	8618037,600	137,868	0,000
Gruplar içi	6688478,354	107	62509,143		
Toplam	101486891,953	118			

Çizelge 3. Duncan testine göre tutkalların çekme mukavemetleri grupları

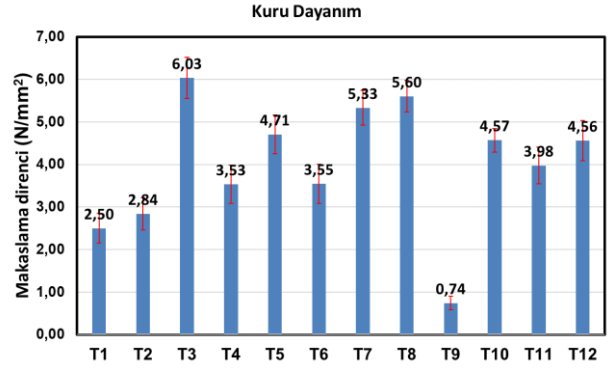
Tutkal cinsi	Örnek sayısı	Çekme mukavemeti (Newton)
Deri protein tutkalı	10	3771,5550 ^a
Kemik protein tutkalı	10	3501,4210 ^b
Analitik kalite jelatin	10	3331,2200 ^b
PVA tutkalı	10	2857,4000 ^c
Deri protein tutkalı-iki aşamalı uygulama*	10	2851,2322 ^c
Jelatin balık protein tutkalı	10	2942,2360 ^c
Sinir protein tutkalı	9	2447,7122 ^d
Balık protein tutkalı	10	2216,6040 ^e
İki bileşenli epoksi tutkalı	10	2209,2450 ^e
Smooth-On Epoxy- EA 40 (Karışım oranı: 1/1)	10	1774,1621 ^f
Smooth-On Epoxy- EA 40 (Karışım oranı: 1/2.44)	10	1562,2026 ^f
Tanen tutkalı	10	463,0158 ^g

*Ardışık 10 kat %10'luk ve 1 kat %30'luk son tutkallama

Balık tutkallarında ise deri ve kemik tutkallarından daha düşük çekme dayanımı elde edilmiştir. Jelatin balık tutkalı (T5) (Kremer Fish Glue blend (63080) ve balık protein tutkalı (T6) sırasıyla ortalama 4,71 ve 3,55 N/mm² çekme dayanımı elde edilmiştir. Yay yapımında balık tutkalları jelleşmenin geciktirilmesi ve çalışma süresinin uzatılması için deri veya sinir tutkalına %10 oranında ilave edilmektedir. Fakat balık jelatinleri diğer hayvansal tutkallarla kıyaslandığında genellikle daha zayıf ve daha kırılğan (Allely vd., 1992; Alfaro vd., 2014) olduğundan ilavesi uygun değildir. Çekme testlerinde memeli hayvan tutkallarının balık tutkallarından (Fish 080'in, Sturgeon ve Fish 550) daha yüksek bir gerilime ve kopma mukavemetine sahip olduğu belirlenmiştir. Balığın hava kesesinden elde edilen tutkal ise güçlü ve esnek. Sinir ve deri tutkalları kemik tutkalından daha güçlü yapıya sağlamaktadır (Allely vd., 1992). Kemiklerden elde edilen tutkallar, yüksek inorganik maddeler ve yağ içerdiğinden deri tutkallarına göre daha kalitesizdir (Pizzi, 1994).

Epoksi (Smooth-On, EA-40) tutkalında bileşenlerin hacmen 1/1 karışımı önerilmektedir. Bu karışım dışında yay yapımcılarının kullandığı hacmen 1/ 2,44 karışım oranı da çalışma kapsamında test edilmiştir. EA-40 epoksi tutkalının 1/1 ve 1/ 2,44 karışım oranlarından sırasıyla 2,84 ve 2,50 N/mm² çekme dayanımı elde edilmiştir. EA-40 epoksi

tutkalları deri tutkalının yarısından daha düşük bir çekme dayanımı vermiştir. İki bileşenli tutkal (T4) (Pattex) ise EA-40 tutkalından daha iyi çekme dayanımı göstermiştir. En düşük çekme dayanımını ise tanen tutkalı (T9) vermiştir. Sinir tutkalından (T11) 3,98 N/mm² çekme dayanımı, ön tutkallama yapılan deri tutkalından (T12) ise 4,56 N/mm² çekme dayanımı elde edilmiştir (Şekil 2). Kuvvetli çekme mukavemetine sahip tutkalların çekme testlerinde kopmaların bir kısmı ahşaptan meydana gelmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Lap shear yapışma testi sonuçları



Şekil 3. Çekme testinden önce ve testten sonra örneklerin görünümü

3.2. Tutkal hattı kalınlığı ve yapışma

Çekme testlerinde en iyi dayanım değeri deriden elde edilen protein tutkalı (T3) vermiştir. Deri tutkalının hemen ardından kemik tutkalı gelmektedir. Jelatin (Merck) (T7) ve jelatin balık (T5) sırasıyla en kuvvetli yapışma özelliği gösteren tutkallar olmuştur. Sinir tutkalının çekme mukavemeti balık tutkalından daha yüksek, deri ve kemik tutkalından daha düşük bulunmuştur. Kullanılan tutkalların yapışma hattı resimleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Çekme dayanımı ilk sıralarda yer alan tutkalların yapışma hattının çok ince olduğu görülmektedir. EA40 epoksi tutkalı en kalın yapışma hattına sahiptir. Deri tutkalının kesitinde yapışma hattının alt ve üst kısımlarında minik tutkal damlacıkları olduğu ve uygulanan basınç ile ahşabın gözeneklerine girerek mekanik olarak da yapışma sağladığı gözlenmiştir (Şekil 4-b).

Gözenekli malzemelerin yapıştırılmasında yüksek viskoziteye sahip tutkal yeterli penetrasyonu sağlayamayıp yapışan ve yapışmayan yüzeyler arasındaki stres gelişmesine neden olabilmektedir (Schellmann, 2007). Eski yay ustalarının uyguladığı usulde, %10'luk deri tutkalı ile 10 kat ön tutkalamadan sonra %30'luk tutkalla (T12) yapıştırma yapılmıştır. Bu yönde amaç tutkalın daha akıcı olduğunda odundaki gözeneklere daha kolay penetre olabilmesi ve bu sayede daha iyi yapışma özelliği gösterip göstermediğinin test edilmesidir. Fakat çekme testlerinde sadece bir kat %30 tutkal (T3) uygulanan örneklerin çekme dayanımı daha yüksek bulunmuştur.

EA-40 epoksi tutkallarında yapışma hattının daha kalın olduğu görülmektedir. Bu tutkalın orta derecede çekme mukavemetine sahip olduğu belirlenmiştir. Hayvansal tutkalların tamamı diğer tutkallardan daha güçlü çekme dayanımı göstermiştir. Polivinil asetat (PVA) tutkalı (T10) ise jelatin balık tutkalına yakın bir çekme mukavemeti göstermiştir.

Yapıştırılan yüzeylerdeki tutkal kalınlığı yüksek mukavemet gerektiğinde önemli bir parametre olabilmekte ve en yüksek çekme ve makaslama mukavemeti değerinin tutkal film kalınlığı minimum olduğu durumlarda elde edildiği bildirilmektedir. Tutkal film kalınlığının fazla olması ısıtma özelliklerini azaltmakta ve bağ oluşumunu zayıflatmaktadır (Allely vd., 1992). Optimum kalınlık kullanılan tutkal tipine bağlıdır. Optimum yapışma mukavemeti genellikle tutkal kalınlığı 0,05 mm ile 0,15 mm olduğunda elde edilir. 0,15 mm'nin üzerindeki tutkal kalınlıklarında, gerilim dağılımı eşit olmayacağından ayrılmalar olabilecektir. 0,025 mm'nin altındaki tutkal kalınlığında, alt tabakaların düzgünlüğüne ve boşluk toleransına bağlı olarak yapışma mukavemeti genellikle azalmaktadır (Petrie, 2007; Dillard, 2010; Frihart ve Hunt, 2011). Klopsteg (1987) yetersiz tutkal yapışma hattı kalınlığının buna bağlı olarak da zayıf yapışmaya neden olduğu ifade etmektedir. Yapışma hattının ince olması özellikle nem kaybından dolayı meydana gelen boyutsal değişikliklere karşı stresleri yeterince transfer edemez. Maksimum soyulma ve yarıma mukavemeti için elastik tutkallar seçilmelidir. Bunun nedeni, daha büyük bir yapışma alanı üzerinde oluşan stresin elastik dağılımıdır (Petrie, 2007; Frihart ve Hunt, 2011).

Aynı mukavemet ve uzama oranına sahip iki tutkaldan, yüksek yoğunluklu olan daha fazla yük taşıma kapasitesine sahiptir (Petrie, 2007). Viskozite çok düşükse, tutkal alt tabakaya daha fazla nüfuz edebilir. Tutkalın fazla

sulandırılması yeterli bağ oluşturmadığından zayıf bir yapışma gerçekleşir. Ayrıca aşırı seyreltilmiş tutkal, suya duyarlı malzemede alt tabakanın şişmesine ve akmasına neden olabilir. Bu gibi durumlarda, daha düşük jel kuvvetine sahip bir tutkal tercih edilmelidir (Schellmann, 2007). Yüksek viskoziteli tutkallar akararak boşluk oluşmasına, tutkal açılına ve temas yüzeyinin azalmasına ve sonuçta zayıf yapışmaya neden olur (Petrie, 2007). Çok kalın tutkaldaki iç gerilimler, tutkalın kuruma ve sertleşme özelliklerini değiştirebilir, böylece kısa ve uzun vadede yapışma performansını azaltır (Dillard, 2010). Tutkalın koyu veya kuru olması kalın bir yapışma hattı oluşturur ve yapışma zayıf gerçekleşir, tutkal esnekliğini kaybeder ve daha kırılğan hale gelir (Frihart ve Hunt, 2011).

Tutkalın makaslama ve çekme özelliklerini, sıcaklık ve nem, termal genişleme katsayısı, zaman, yükün sürekliliğine bağlı olarak sürüklenme, kimyasallara karşı direnç ve bağlı nem gibi faktörler etkilemektedir (Mittal ve Panigrahi, 2020). Bir tutkalın yüzeylere yapışması fiziko-kimyasal etkileşimlere ve mekanik yapışmaya bağlıdır. Gözenekli yüzeylerde daha büyük bir yapışma yüzeyi oluşur ve boşluklar, tutkalın yüzeyden alt katmanlara nüfuz etmesini sağlar (Mikhail, 2009). Mekanik yapışma, tutkalın yüzeyde bulunan mikro yapılara (gözenekler, çatlaklar, boşluklar, vb.) dolmasıyla meydana gelir. Ahşap yüzey aslında düz değildir ve mikro ölçekte küçük girinti ve çıkıntılardan oluşur. Bu yapı, tutkal ile yapıştırılan maddenin yapışma yüzeyini genişletir. Tutkal bu boşluk kısımlara girerek, mekanik yapışmayı sağlayan efektif yüzey alanı genişlemiş olur (Kumar ve Pizzi, 2019). Ahşabın yapışma performansını etkileyen en önemli özellikleri, gözenekli yapısı, yüzeyinin pürüzlülüğü, kimyasal bileşimi ve hidroskopik yapısıdır. Ayrıca tutkalın nüfuz etme modeli, ahşaptaki bağların performansını doğrudan etkiler (Wilkinson ve Ordonez, 2011). Mekanik yapışma ahşap gibi pürüzlü ve/veya gözenekli yüzeylerde meydana gelir (Habenicht, 2009). Tutkal ağaçta bu mikro boşlukları doldurup daha esnek olduğu için kırılmayı engeller (Karpowicz, 2008; Mittal ve Panigrahi 2020). Ahşap elemanların gözenekli yapısı nedeniyle tutkallar hem mekanik hem de kimyasal olarak yapıştırma özelliği gösterir. Odun dokusunun gözenekli yapısı, tutkalın bu kısımlara girerek mekanik olarak da yapışmayı sağlar. Tutkal yaklaşık 6-10 hücre çapı (yaklaşık 100 mikron) kadar odun dokusuna penetre olur ve bu sayede çok daha sağlam bir mekanik yapışma elde edilir (Frihart ve Hunt, 2011; Kumar ve Pizzi, 2019) (Şekil 4).

Yay imali bakımından değerlendirildiğinde tutkalın ince ve esnek olması ve çok kuvvetli yapışma sağlaması beklenir. Karpowicz (2008)'e göre boynuz ve ahşabın yapıştırılmasında tutkal hattı kalınlığı 0.05 mm'den daha fazla olmamalıdır. Kullanılan tutkalın esnek ve yapışma hattının ince olması gerilmelerde boynuz gibi davranmasını sağlar. Allely vd. (1992)'de genel olarak kuruyarak sertleşen tutkallarda daha ince tutkal hattı olması gerektiğini vurgulamakta ve nihai yapıştırmadan önce boynuz ve ahşaba ince tutkal uygulanmasını tavsiye etmektedir. Soyulma veya yarıma gibi dış yüklemeler, termal genişleme farklılıkları veya büzülme gibi iç stres nedeniyle yüksek gerilimli düzensiz yük dağılımlarında sert fakat esnek yapıştırıcılar genellikle daha kırılğan olanlardan daha iyi performans gösterir. Ayrıca esnek tutkallar daha düzgün stres dağılımı sağlar. Yüksek elastikiyetli tutkalların yorulma ömrü, kırılğan olanlardan çok daha yüksektir. Bunun nedeni hem

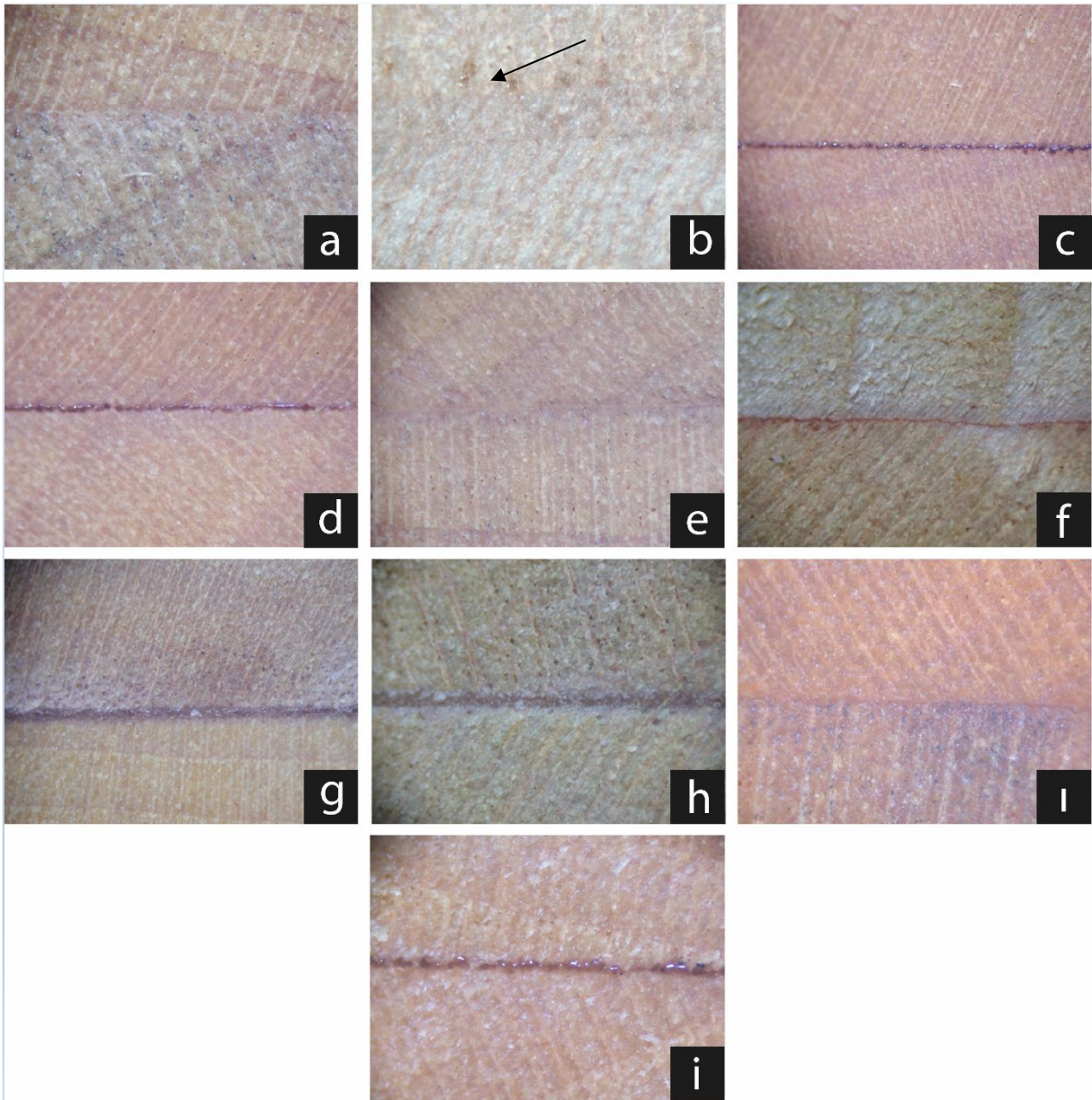
düzgün stres dağılımı hem de daha esnek tutkallarda yüksek dahili enerji sönümlemesidir (Petrie, 2007).

Yay yapılan ahşabın esnek olması yanında, kullanılan tutkal yüksek yapışma mukavemetine sahip olmalıdır (Allely vd., 1992). Modern tutkalların hiçbiri yeterince esnek olmadığından sinir vurmak için tatmin edici değildir (Klopstek, 1987). Islak sinir kurudukça yaklaşık %4 küçülür ve bir yayı refleks haline getirir (Allely vd., 1992). Kompozit yayların üstün taraflarından biri, sinir vurulduktan sonra tutkal ve sinirin kuruma esnasında büzülmesi ve bu suretle yayda ön gerilim ile daha refleks bir yapı oluşmasıdır. Epoksi tutkallarda %4-5 oranındaki büzülme (Petrie, 2006) ve kısa kürlenme süreleri bu refleks yapının oluşmasında yeterli olmayacaktır.

Kompozit yaylarda hem imalat hem de tımarlama esnasında sıcaklık uygulanmaktadır. Hayvansal tutkalın en değerli özelliklerinden biri istenildiği zaman sıvı hale

getirebilmesidir. Bu nedenle kullanılan tutkalın sıcaklıkla bozulmaması ve özelliklerinin değişmemesi gerekir. Fakat birçok kez kürlenmiş ve modifiye edilmiş epoksi bileşimleri kırılğan bir özellik gösterdiğinden (Dillard, 2010) kompozit yayların yapım aşamalarında ve kullanımında uygun nitelikte olmayacaktır.

Kompozit yaylarda enerjinin çok büyük bir kısmı boynuzun sıkıştırılması ve sinirin esnemesi sayesinde elde edilmektedir. Yay yapımına kullanılan tutkalların yayın çekilmesi ve bırakılması esnasında oluşan gerilme ve esnemelere dayanıklı ve uyumlu olması gerekir. Sinir ahşaptan yaklaşık 10 daha esnektir (Allely vd., 1992) ve birim kütle başına daha fazla enerji depolayabilir. Hayvansal tutkalların film halindeyken çok iyi esneme özelliği göstermesi kompozit yayların yapımında diğer tutkallara göre üstün özelliklerinden biri olarak görülmektedir.



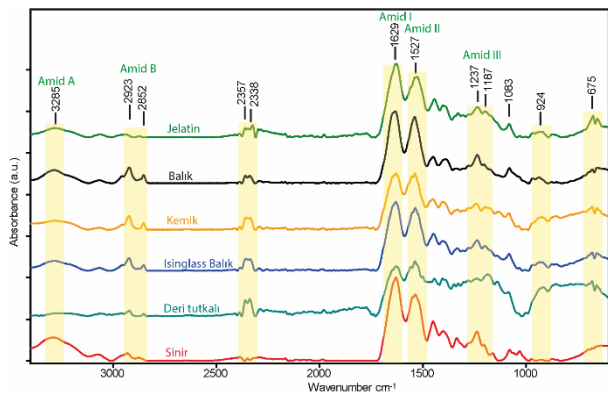
Şekil 4. Yapışma hattı ışık mikroskobu görüntüleri (a: balık; b: deri; c:g balık; d;jelatin; e:kemik; f:PVA; g: EA40 1/1; h:EA40 1/2.44; i:epoksi; i: sinir)

3.3. Tutkalların FTIR testleri

Farklı çalışmalardan elde edilen protein örnekleri için karakteristik FTIR spektrumları incelendiğinde; 3 283–3 357 cm^{-1} bölgesi amid-A ve serbest su, 2 850–2 980 cm^{-1} bölgesi amid-B, 1 633–1 651 cm^{-1} bölgesi amid-I, 1 522–1 548 cm^{-1} bölgesi amid-II ve 1 228–1 259 cm^{-1} bölgesi de amid-III bölgeleri olarak tanımlanmaktadır (Kaewprachu vd., 2016; Baty vd., 1996; Fant vd., 2010; Farhat vd., 1998; Saraswathy vd., 2001). Bu bölgelerin tamamı bu çalışma örneklerinde belirlenmiştir. Bu bölgeler incelendiğinde amid-A, hidrojen bağı ile birleştirilmiş $-\text{NH}$ gerilmesini temsil eder. Amid-B, C-H esnemesine ve NH_3 gruplarını ifade eder. Amide-I, $-\text{COO}$ ile birleştirilmiş $\text{C}=\text{O}$ esneme gerilimi ve hidrojen bağı temsil eder. Amid-II, N–H gruplarının eğilme titreşimlerinden ve C–N gruplarının gerilme titreşimlerinden kaynaklanır. Amid-III, bağıl amidin C–N ve N–H gruplarının düzlemindeki titreşimlerle veya glisinin CH_2 gruplarının titreşimleriyle ilgilidir (Kaewprachu vd., 2016). Çalışma kapsamında incelenen farklı protein örnekleri benzer FTIR spektrumlarına sahiptir. Protein örneklerdeki farklılıklar genellikle amid piklerinin büyüklüğü ve dalga boyu farklılıkları şeklinde gerçekleşmiştir. Bu farklılıkların sebeplerinin ekstraksiyon aşamasında kullanılan organik asidin etkisi ve kolajendeki bozunma olduğu bildirilmektedir (Khiari vd., 2011).

2930 cm^{-1} belirlenen pik CH_2 gerilim piki olarak bilinmektedir. Khiari vd. (2011) tarafından bu pikin daha küçük bir pik halinde düzleşerek amid A piki ile birleşmesinin protein bileşimlerinin stabilitesinin daha iyi olduğunu gösterdiği bildirilmektedir. Bu pik incelendiğinde deri tutkalı ve jelatin örneklerinde oldukça küçük olarak neredeyse amid A piki ile birleşik olarak belirlenmiştir. Bu durum lap shear yapışma testi sonuçları ile örtüşmektedir.

Amid I band pikinin daha düşük dalga boyunda doğru kayması ve söz konusu pikin daha dar bir pik halinde belirlenmiştir. Bu daralma, protein zincirlerinin esnekliğinin azaldığını ve dolayısıyla düzenli yapılarının arttığını gösterdiği Clausen vd. (2013) tarafından bildirilmektedir. Çalışma kapsamında en iyi yapışma dayanımı gösteren örnekler olan jelatin ve deri tutkalı örneklerinde en düşük amid I band piki değerleri jelatin örneğinde 1 629 cm^{-1} ve deri protein tutkalı örneğinde 1 630 cm^{-1} olarak belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Tutkal örnekleri FTIR spektrumu

4. Sonuçlar

Yay yapımında kullanılan altı hayvansal, bir bitkisel ve üç modern tutkalın yapışma özellikleri çekme testleri yardımıyla incelenmiştir. Çekme dayanımı testine göre en yüksek yapışma dayanımı değeri deri tutkalında 6,03 N/mm^2 olarak bulunmuştur. Bu örneği kemik tutkalı ve analitik kalite jelatin örneğinden hazırlanan tutkal formülasyonları takip etmiştir. Organik bileşikler olması nedeniyle nem ve suya dayanıksız olma gibi bazı zayıf yönleri bulunmasına rağmen hem yapışma performansı hem de yay yapım ve kullanımında istenilen özellikler nedeniyle geleneksel kompozit yayların yapımında hayvansal tutkalların hatırı sayılır düzeyde üstünlükleri bulunmaktadır. Yapışma dayanımı değerleri ile bu durum net bir şekilde ortaya konulmuştur. FTIR analizinden elde edilen spektrumlar incelendiğinde protein örnekleri için karakteristik amid pikleri belirlenmiştir. Ancak protein tutkalının hazırlanmasında kullanılan proteinin eldesinde kullanılan organik asit farklılığı ve kolajendeki farklı bozunma özelliklerinden kaynaklı pik şiddetleri ve dalga boylarında kaymalar görülmüştür. Spektrumlar detaylı incelendiğinde protein komplekslerinin stabilitesi ile ilişkilendirilen 2930 cm^{-1} pikinin lap shear yapışma testi sonuçları ile örtüşen pik değeri verdiği görülmüştür. Kompozit yaylar ahşap bir iskelet üzerine boynuz ve sinir gibi farklı malzemeleri bir araya getiren ve esneme ve sıkışma özellikleri ile enerji depolayan silahlardır. Bu bakımdan yayların kullanımını esasında bu malzemeleri bir arada tutan tutkalın maruz kaldığı kuvvetlere dayanıklı olması gerekir. Yay yapımında kullanılacak tutkalların kolay çalışmaya imkân vermesi, ahşap ile güçlü bağlar yapabilmesi için etkili bir penetrasyon özelliği göstermesi, ayrıca istenilen vizkositede hazırlanabilmesi kritik önemdedir. Modern tutkalların rutubet dayanım özellikleri gibi üstün yönleri olmasına rağmen performans özellikleri açısından hayvansal protein tutkallarının gerisinde oldukları ortaya konulmuştur.

Kaynaklar

- Adams, R.D., Wake, W.C., 1986. Structural Adhesive Joints in Engineering. Elsevier Applied Science Publishers London and New York.
- Alfaro, A.T., Balbinot, E., Weber, C.I., Tonial, I.B., Lunkes, A.M., 2014. Fish Gelatin: Characteristics, Functional Properties, Applications and Future Potentials. Food Eng Rev DOI 10.1007/s12393-014-9096-5.
- Allely, S., Baker, T., Comstock, P., Hamm, J., HardcastleR., Massey J., Strunk, J., 1992. The Traditional Bowyer's Bible, Volume one. The Lyons Press Guilford, Connecticut Canada.
- Asbell, G.F., Baker, T., Comstock, P., Grayson, B., Hamm, J., Herrin, A., Massey, J., Parker, G., 1993. The Traditional Bowyer's Bible, Volume two. The Lyon S Pres S Guilford, Connecticut Canada.
- Balogh, C., 2016. Karpat Havzası'nda bir Avar yay ustasının mezar kalıntıları Eski Türklerde bileşik (Kompozit) yay yapımına ilişkin arkeolojik bulgular. Art-Sanat 6: 109-120.
- Baty, A.M., Suci, P.A., Tyler, B.J., Geesey, G.G., 1996. Investigation of mussel adhesive protein adsorption on polystyrene and poly (octadecyl methacrylate) using angle dependent XPS, ATR-FTIR, and AFM. Journal of Colloid and Interface Science, 177(2), 307-315.
- Bergman, S., 2011. Wood Handbook, Wood as an Engineering Material. Forest Product Society. USA.
- Bir, A., Kaçar, M., Acar, Ş., 2006. Türk Menzil Okçuluğu, Yay ve Okları. Osmanlı Bilimi Araştırmaları VIII/1: 40-67.

- Bridarolli, A., Freeman, A.A., Fujisawa, N., Łukomski, M., 2022. Mechanical properties of mammalian and fish glues over range of temperature and humidity, *Journal of Cultural Heritage*, Volume 53, Pages 226-235, ISSN 1296-2074, <https://doi.org/10.1016/j.culher.2021.12.005>.
- BS 1204:1993. Specification for type MR phenolic and aminoplastic synthetic resin adhesives for wood.
- Claussen, K.U., Lintz, E.S., Giesa, R., Schmidt, H. W., Scheibel, T., 2013. Protein gradient films of fibroin and gelatine. *Macromolecular Bioscience*, 13(10), 1396-1403.
- Çetin, A., 2011. Memlûk Devletinde Okçuluk. *Gazi Türkiyat*, 1 (9), 67-86 <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gaziturkiyat/issue/6722/90347>.
- Dillard, D.A., 2010. *Advances in Structural Adhesive Bonding*. Woodhead Publishing Limited CRC Press, Washington p 643.
- Doğan, A., 2017. Osmanlıda Kemankeşlik (Okçuluk) ve Ahilik Ritüelleri. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı. Samsun.
- Eralp, T.N., 1993. Tarih Boyunca Türk Toplumunda Silâh Kavramı ve Osmanlı İmparatorluğunda Kullanılan Silâhlar. *Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Atatürk Kültür Merkezi Yayını-Sayı: 68. Türk Tarih Kurumu Basımevi-Ankara*.
- Fant, C., Hedlund, J., Höök, F., Berglin, M., Fridell, E., Elwing, H., 2010. Investigation of adsorption and cross-linking of a mussel adhesive protein using attenuated total internal reflection Fourier transform infrared spectroscopy (ATR-FTIR). *The Journal of Adhesion*, 86(1), 25-38.
- Farhat, I.A., Orset, S., Moreau, P., Blanshard, J.M., 1998. FTIR study of hydration phenomena in protein-sugar systems. *Journal of Colloid and Interface Science*, 207(2), 200-208.
- Frihart, C.R., Hunt, C.G., 2011. *Adhesives with Wood Materials Bond Formation and Performance Chapter 10- (10-24)* (Bergman, S., 2011. *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material*. Forest Product Society. USA).
- Gerhard, G., Karmann, W., 2001. *Adhesives and Adhesive Tapes*. WILEY-VCH Verlag GmbH, D-69469 Weinheim, Federal Republic of Germany.
- Göksu, E., 2013. Okla Yükselen Millet (Türklerde ok ve okçuluk). Okçular Vakfı yayınları. Alioğlu Matbaacılık Basım Yay. ve Kağ. San. Tic. Ltd. Şti. İstanbul
- Grayson, C.E., French, M., O'Brien, M.J., 2007. *Traditional Archery From Six Continents*. University of Missouri Press, Columbia, Missouri.
- Gündüz, G., Yaman, B., Özden, S., Dönmez, S.C., 2013. Anatomy of wooden core of Ottoman composite archery bows. *Sains Malaysiana* 42(5)(2013): 547-552.
- Habenicht, G., 2009. *Applied Adhesive Bonding a Practical Guide for Flawless Results*. Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN: 978-3-527-32014-1.
- Harrison, S.M., Kaml, I., Prokhorova, V., Mazanek, M., Kenndler, E., 2005. Animal glues in mixtures of natural binding media used in artistic and historic objects: identification by capillary zone electrophoresis. *Anal Bioanal Chem* 382: 1520-1526 DOI 10.1007/s00216-005-3319-9.
- Haupt, M., Dyer, D., Hanlan, J., 1990. An investigation into three animal glues, *The Conservator*, 14:1, 10-16, DOI: 10.1080/01410096.1990.9995051.
- İrtem, S.K., 1939. Sultan II. Mahmud Devri Türk Kemankeşleri. (Hazırlayan: Kocahanoğlu, O.S., 2005. Bayrak Matbaacılık Ltd. İstanbul.
- Kaewprachu, P., Osako, K., Benjakul, S., Tongdeesoontorn, W., Rawdkuen, S., 2016. Biodegradable protein-based films and their properties: a comparative study. *Packaging Technology and Science*, 29(2), 77-90.
- Kani, M., 1847. *Telhis-i Resailü'r-Rumat*, s. 159-160, İstanbul (Matbaa-i Amire) 1263 (Çeviren, Yavuz, K., Canatar, M., 2010. *Okçuluk Kitabı Telhis-İ Resailat-İ Rumat*). İstanbul Fetih Cemiyeti İstanbul.
- Karpowicz, A., 2008. *Ottoman Turkish Bows: Manufacture and Design*. Ottawa: Canada Cataloguing.
- Khiari, Z., Rico, D., Martin-Diana, A.B., Barry-Ryan, C., 2011. The extraction of gelatine from mackerel (*Scomber scombrus*) heads with the use of different organic acids. *Journal of Fisheries Sciences*. com, 5(1), 52.
- Klopsteg, P., 1987. *Turkish Archery and the Composite Bow*. Manchester: Simon Archery Foundation, The Manchester Museum.
- Klopsteg, P.E., 1934. *Turkish Archery and the Composite Bow*. Printed and bound in Great Britain by Butler & Tanner Ltd, Frome and London.
- Knecht, H., 1997. *Projectile Technology*. Chapter 6 Sinew-Reinforced and Composite Bows Technology, Function, and Social Implications Christopher A. Bergman And Edward Mcewen 143-160. Springer Science+Business Media, LLC.
- Kooi, B.W., 1994. *Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* 97(3): 1-27.
- Kumar, R.N., Pizzi, A., 2019. *Adhesives for Wood and Lignocellulosic Materials*. John Wiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, USA Scrivener Publishing LLC.
- Küçük, M.A., 2018. İslâm Öncesinden Sonrasına Türk Geleneğinde Bir Yaşam Stili: "Okçuluk. *International Journal of Cultural and Social Studies (IntJCSS)* June 2018: Volume 4 (Issue 1) e-ISSN : 2458-9381.
- Latham, J.D., Paterson, W.F. 1970. *Saracen Archery*. Latham Publisher: The Holland Press, London, ISBN: 0900470046.
- Loades, M., 2016. *The Composite Bow*. Osprey Publishing Ltd. USA.
- Lucas, F.M. da Silva, Dillard D.A., Blackman, B., Adams, R.D., 2012. *Testing Adhesive Joints Best Practices*. Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany.
- Melià-Angulo, L., Fuster-López and A. Vicente- Escuder., 2016. Study of the mechanical properties of selected animal glues and their implication when designing conservation strategies. *Education and Research in Conservation-Restoration European Network for Conservation-Restoration Education - Symposium* 15-16 April 2016. <https://doi.org/10.4000/ceroart.5152>.
- Metin, T., 2014. Selçuklularda okçuluğa genel bir bakış. *Tarih Okulu Dergisi (TOD) Journal of History School (JOHS) Yıl 7, Sayı XVII*, ss. 131-153. Year 7, Issue XVII, pp. 131-153. DOI No: <http://dx.doi.org/10.14225/Joh457>.
- Mikhail, B., 2009. *Adhesive Bonding Materials, Applications and Technology* WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Mittal, K.L., Panigrahi, S.K., 2020. *Structural Adhesive Joints Design, Analysis and Testing*. John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Oliver, J.F., 1981. *Adhesion in Cellulosic and Wood-Based Composites*. Published in cooperation with NATO Scientific Affairs Division Plenum Press· New York And London, 1981. Plenum Press, New York.
- Parlak, S., 2020. Türk yaylarında kullanılan ağaç türleri ve özellikleri. *Ağaç ve Orman*, 1(2) 25-34.
- Petrie, E.M., 2006. *Epoxy Adhesive Formulations*. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Petrie, E.M., 2007. *Handbook of Adhesives and Sealants*. The McGraw-Hill Companies.
- Pizzi, A., 1994. *Advanced Wood Adhesives Technology*. CRC Press.
- Pizzi, A., Mittal, K.L., 2003. Chap. 28. In: Pizzi, A., Ed., *Handbook of Adhesive Technology*, 2nd Edition, Marcel Dekker, New York.
- Randall, K.C., 2016. *Origins and Comparative Performance of the Composite Bow*. Phd. Thesis, University of South Africa pp 289.
- Saraswathy, G., Pal, S., Rose, C., Sastry, T.P., 2001. A novel bio-inorganic bone implant containing deglued bone, chitosan and gelatin. *Bulletin of Materials Science*, 24, 415-420.
- Schellmann, N., 2009. Animal Glues – Their adhesive properties, longevity and suggested use for repairing taxidermy specimens *NatSCA News*, Issue 16, 36-40.
- Schellmann, N.C., 2007. Animal glues: A review of their key properties relevant to conservation. *Studies in Conservation*, 8, 55-66.
- Tousi, E.T., Hashim, R.,Bauk, S.,Jaafar, M.S.,Al-Jarrah, A.M.,Kardani, H.,Abu Arra, A.M.H.,and Aldroob, K.S.A., 2014. A Study of the properties of animal based wood glue. *Advanced Materials Research* Vol. 935 pp 133-137 (2014) *Trans Tech Publications*, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.935.133.
- Wilkinson, K.A., Ordonez, D.A., 2011. *Adhesive Properties in Nanomaterials, Composites and Films*. Nova Science Publishers, Inc.
- Yücel, Ü., 1999. *Türk Okçuluğu, Atatürk Kültür Merkezi Başkanlığı Yayınları*, Ankara.

The performance of 3d printed dowel with three different surface designs in furniture joints

Samet Demirel^{a,*} , Nazmiye Tuğçe Kuvel^a , Kutay Çava^b , Mustafa Aslan^b 

Abstract: The shear strengths of the joints produced by using Poly Lactic Acid (PLA), PLA+ Thermoplastic Polyurethane (TPU), and resin (Acrylic Photopolymer) with three different surface design of the dowels including, grooved, straight, and cross were investigated compared, wood and plastic dowels. The Results indicated that among L-type furniture joints, those manufactured from PLA and conventional wood dowels displayed the highest shear resistance, followed by L-type furniture joints with dowels made from PLA+TPU, resin, and plastic. Generally, differences in dowel patterns did not have a statistically significant impact on the shear resistance of L-type joints, except for the straight pattern dowels made of resin, which exhibited a statistically higher shear resistance than the grooved pattern dowels. Regarding the failure mode results, only PLA, PLA+TPU, and wooden dowels showed signs of elongation and crushing within the dowel holes. Conversely, in joints using dowels produced from resin and plastic, the dowels broke under shear stress, without displaying elongation, and did not leave any evidence of crushing in the dowel holes. Overall, the results of the study indicated that dowels made only PLA exhibited similar shear resistance compared to conventional wood dowels. Additionally, the study demonstrated that 3D-printed dowels were stronger than conventional plastic dowels.

Keywords: Dowel, Furniture joint, 3D printing, PLA, TPU, Resin

Üç farklı yüzey tasarımına sahip 3d baskılı kavelaların mobilya birleşme yerlerindeki performansları

Özet: Yivli, düz ve çapraz olmak üzere üç farklı yüzey tasarımına sahip kavelaların sadece PLA, PLA+TPU, Reçine (Akrilik Fotopolimer) kullanılarak üretilen birleşim yerlerinin makaslama (kesme) mukavemetleri ahşap ve plastik kavelalarla karşılaştırılarak incelenmiştir. Sonuçlar, L tipi mobilya birleşme yerlerinde PLA ve geleneksel ahşap kavelalardan üretilenlerin en yüksek kesme direncini sergilediğini, bunu PLA+TPU, reçine ve plastikten yapılan kavelalardan üretilen L tipi mobilya birleşme yerlerinin izlediğini göstermiştir. Genel olarak, yivli desenli kavelaların istatistiksel olarak daha yüksek kesme direnci sergileyen reçineden yapılmış düz desenli kavelalar dışında, kavela desenlerindeki farklılıklar L tipi birleşme yerlerinin kesme direnci üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olamamıştır. Kırılma modu sonuçlarına ilişkin olarak, yalnızca PLA, PLA+TPU ve ahşap kavelalarda, kavela deliklerinde uzama ve ezilme belirtileri görülmüştür. Bunun tersine, reçine ve plastikten üretilen kavelaların kullanıldığı birleşme yerlerinde kavelaların kesme gerilimi altında uzama göstermeden kırılmış ve kavela deliklerinde herhangi bir ezilme izi bırakmamıştır. Genel olarak çalışmanın sonuçları, yalnızca PLA'dan yapılan kavelaların, geleneksel ahşap kavelalarla karşılaştırıldığında benzer kesme direnci sergilediğini göstermiştir. Ayrıca çalışma, 3D baskılı kavelaların geleneksel plastik kavelalardan daha güçlü olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Kavela, Mobilya birleşme yeri, 3D baskı, PLA, TPU, Reçine

1. Introduction

Mostly, furniture consists of three basic constructions: box, frame, and combined ones. Furniture made of panels such as MDF or particle board is called box construction, furniture made of solid timber is called frame construction, and furniture made of any kind of forest products is called combined construction (Örs and Efe, 1998). In frame construction furniture, especially in the frame parts of furniture such as upholstered armchairs and sofas, frame elements are attached to each other at various points with different joining methods such as mortise-tenon, dowel, nail, screw, staple, etc. Among these joining methods, dowel is a solid wood pegs that has been used for years in furniture

industry (Efe and Kasal, 2003; Chen et al., 2019). They are still one of the popular wood connectors in furniture joints. A shear load is one the common force actions on dowel connection in furniture frame. Therefore, the shear behavior of a dowel with different materials is needed to be researched.

Three-dimensional (3D) printing also known as Additive Manufacturing (AM), is a technique for constructing parts by layering the material. This process, often referred to as rapid prototyping (Dul et al., 2016, Kuo et al., 2016; Zou et al., 2016, Skorski et al., 2016, Levenhagen and Dadmun, 2018, Sagias et al., 2018; Hamzah et al., 2019; Maciag et al., 2019), emerged in the 80s alongside the development of computer technology (Sagias et al., 2018; Maciag et al., 2019). On contrast to the traditional subtractive production methods

✉ ^a Karadeniz Technical University, Forest Industry Engineering Department, Trabzon, Türkiye

^b Karadeniz Technical University, Metallurgical and Materials Engineering Department, Trabzon, Türkiye

@ ^{*} Corresponding author (İletişim yazarı): sdemirel@ktu.edu.tr

✓ Received (Geliş tarihi): 07.11.2023, Accepted (Kabul tarihi): 21.12.2023



Citation (Atf): Demirel, S., Kuvel, N.T., Çava, K., Aslan, M., 2024. The performance of 3d printed dowel with three different surface designs in furniture joints. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 100-106.
DOI: [10.18182/tjf.1387389](https://doi.org/10.18182/tjf.1387389)

involving cutting, engraving, and material removal (Kariz et al., 2017), AM offers the advantage of producing highly intricate geometries that would be impractical or prohibitively expensive to create using conventional techniques (McCullough and Yadavalli, 2013; Carutasu et al., 2015; Raj et al., 2018). As a result, 3D printers have gained widespread adoption across various fields, including decorative (Chen et al., 2018), industrial, automotive, and medical fields (Alaboodi and Sivasankaran, 2018; Vlasceanu et al., 2018; Hossain et al., 2021). Furniture production always follows fashion trends and innovations in technology. Three-dimensional printing is one of the new manufacturing techniques. Therefore it is always useful to get into furniture manufacturing world with 3D printing method.

Furniture joint techniques have traditionally relied on mechanical fasteners such as screws and nails. These methods can be time-consuming and can result in weak or unsightly joints. In recent years, there has been an increase in the use of 3D printing technology in various industries, including furniture manufacturing. The ability to create custom-fit fasteners using 3D printing allows for the creation of stronger and more aesthetically pleasing furniture connections (Aydın, 2015; Yılmaz Aydın, 2022).

In this study, it is aimed to investigate the shear performance of 3D printed dowel furniture joints. The specific aim of the study: 1) Three different surfaces designed for dowel were determined to see differences in shear strength. 2) Five different dowel material performances were determined to see differences on shear strength. Additionally, determination of the ratio of proportional limit to ultimate load of each different type of dowel material was specifically aimed.

2. Material and methods

2.1. Materials

2.1.1. Preparation of samples

Three different materials were used in the production of the dowel which are Poly Lactic Acid (PLA, PLA+ Thermoplastic Polyurethane (TPU, and Resin (Acrylic Photopolymer). The dowels were produced in the Research Center Laboratories at Karadeniz Technical University.

Three dimensioned printed dowels are in the same size with commercial ones.

Dowel pins were produced using FFF type Creality brand CR-6 SE model 3D printer. Specimens produced using PLA and a mixture of 50% TPU with a hardness value Shore 80A and 50% PLA thermoplastic filaments.

The designed dowels were saved in STL (Standard Triangle Language) format and then transferred to a slicer program called Cura, which allows the production parameters of 3D printers to be controlled. 3D printed parts show orthotropic properties, so the infill pattern and direction of the prints should be directly effective in terms of mechanical properties (Aydın and Yılmaz Aydın, 2022). In this context, lines were chosen as the filling pattern in the production of the samples and the print angle [0°] was chosen to be perpendicular to the load to be applied as shown in Figure 1.

The printing parameters used in the production of the samples are given in Table 1.

L-type joints were prepared from beech wood (*Fagus orientalis*) which is mostly used in furniture frame production (Demirel and Kalayci, 2019; Demirel and Bas, 2021), and this beech wood was attached by using produced PLA, PLA+TPU, and resin dowels and commercially supplied wooden and plastic dowels. The dimensions of each beech member were 52 mm in width and 152 mm in length.

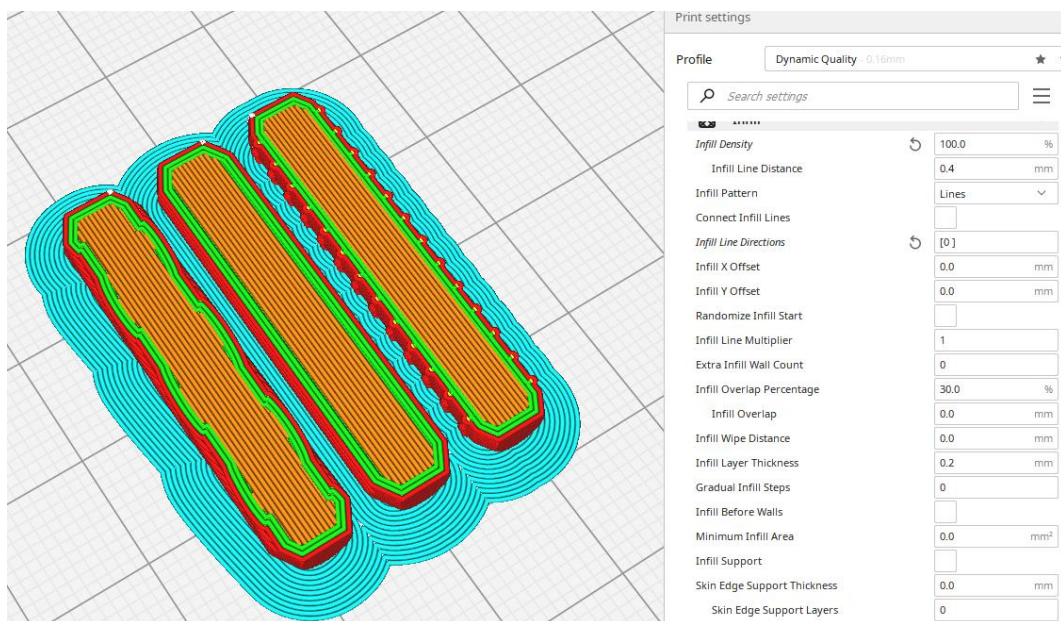


Figure 1. Infill line directions of 3 D printed dowels

Table 1. Printing parameters of the dowel specimens

Parameters	Unit	Value	
		PLA	PLA+TPU
Nozzle temperature	°C	205	230
Bed temperature	°C	60	80
Layer thickness	mm	0.1	0.1
Printing speed	mm/s	30	30
Infill ratio	%	100	100
Infill pattern	-	Lines [0°]	Lines [0°]

2.1.2. Dowel design

Dowel pins were designed using SolidWorks, a CAD program, in three different surface geometries: cross, straight and groove (dome), and in the same dimensions as shown in Figure 1. The depths of the geometries used on the surface are designed to be 2 mm. The shapes of the designed dowels are shown in Figure 2.

2.1.3. Shear test

MTS Universal testing machine was used to measure the shear performance of L-type joints manufactured with dowels printed with 3D technology. The test samples were subjected to shear test in order to find the maximum load occurring in the joints according to the type of dowel used. Loading was done at 2.5 millimeters/minute. As a result of the test, the maximum load (N) and the failure mode were determined, recorded, and illustrated. The MTS Universal testing machine, on which the shear test was performed, is shown in Figure 3.

2.1.4. Experiment design

A SAS statistical analysis 5×3 factors with 3 replicates per group was performed to evaluate the importance of the factors on the shear test of the joints created using dowels produced with 3D printers. Factors were determined as the materials used (PLA, PLA+TPU, Resin, Wood, Plastic) and the type or pattern of dowel (grooved, straight, cross).

3. Results and discussion

L-type furniture joints obtained by using dowels made of different materials were subjected to the shear test. Table 2 shows the average maximum shear resistance values of L-type dowel joints according to different material types (PLA, PLA+TPU, Resin, Wood, Plastic) and dowel types (grooved, straight, cross).

The least significant difference (LSD) was determined as 290 N as a result of multiple comparison procedure at the 5 percent significance level. Statistical differences were determined by comparing the value with the average results. Accordingly, this two-way interaction was analyzed and results showed that the material type was found statistically significant. Therefore, this factor was analyzed.

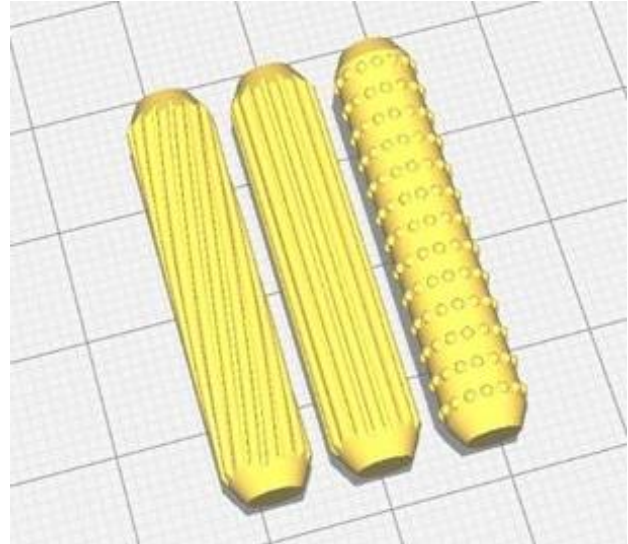


Figure 2. Designed Dowels



Figure 3. MTS Universal testing machine

Table 2. Average maximum shear resistance values in N of L-type dowel joints

Material type	Dowel type	Maximum average load (N)
PLA	Grooved (dome)	1 480 (A)
	Straight	1 627 (A)
	Cross	1 663 (A)
PLA+TPU	Grooved (dome)	774 (CB)
	Straight	946 (B)
	Cross	918 (B)
Resin	Grooved (dome)	412 (D)
	Straight	752 (CB)
Plastic	Straight	603 (CB)
Wood	Straight	1 503 (A)

Note: For Plastic and wood dowels, no grooved and cross dowels are available due to their commercial application not being produced. G: grooved, S: straight, C: cross, the letter A,B,C,D shows statistical differences.

3.1. Material type effect

When the difference between the values obtained as a result of the shear test of PLA, PLA+TPU, resin, wood, and plastic materials used in the production of dowels were examined statistically, L-type joints with dowels produced from only PLA and wood yielded the highest shear resistance values. Accordingly, dowels produced from only PLA can be used as a substitute for wooden dowels that have been used traditionally for years. Then, L-type joints consisting of dowels produced using PLA+TPU have the second-highest shear resistance values. The dowels produced from resin and plastic dowels used in the market have the lowest shear resistance values. Here, in fact, it can be said that the shear resistance values of the joints obtained from the dowels made of resin are mathematically higher than those produced from plastic, but as stated above, this value was not statistically significant.

3.2. Dowel type effect

The dowel pattern effect does not have a statistical significance. Likewise, the shear resistance values of L-type furniture joints produced from PLA dowels were mathematically the highest in cross-type dowels, followed by straight-type and grooved-type dowels. However, the shear resistance values of L-type furniture joints produced from PLA+TPU dowels were mathematically highest in straight-type dowels, followed by cross-type and grooved-type dowels. Finally, the shear resistance values of L-type furniture joints constructed from resin dowels were

mathematically higher in straight-type dowels, but lower in grooved-type dowels. However, as stated before, these rankings were not statistically significant. Considering all different dowel type joints (PLA, PLA+TPU, Resin), the straight type dowel yielded mathematically the highest value compared to the others, followed by the cross type and grooved type. On the other hand, seeing the significant difference among surface designs of the dowel could be possible by using glue in dowels joint which allows to separate fixing ability of different dowel surfaces.

3.3. Joint failure modes

Figure 4 shows the failure modes encountered as a result of the shear test of L-type furniture joints printed from only PLA with dowel designs of the grooved, cross, and straight.

Figure 5 shows the failure modes encountered as a result of the shear test of L-type furniture joints printed from PLA+TPU with dowel designs of the grooved, cross, and straight.

Figure 6 shows the failure modes encountered as a result of the shear test of L-type furniture joints obtained from dowels made of plain-patterned wood.

Figure 7 shows the failure modes encountered as a result of the shear test of L-type furniture joints produced from dowels made of resin.

Figure 8 shows the failure modes encountered as a result of the shear test of L-type furniture joints made of plain-patterned plastic and obtained from commercially available dowels.

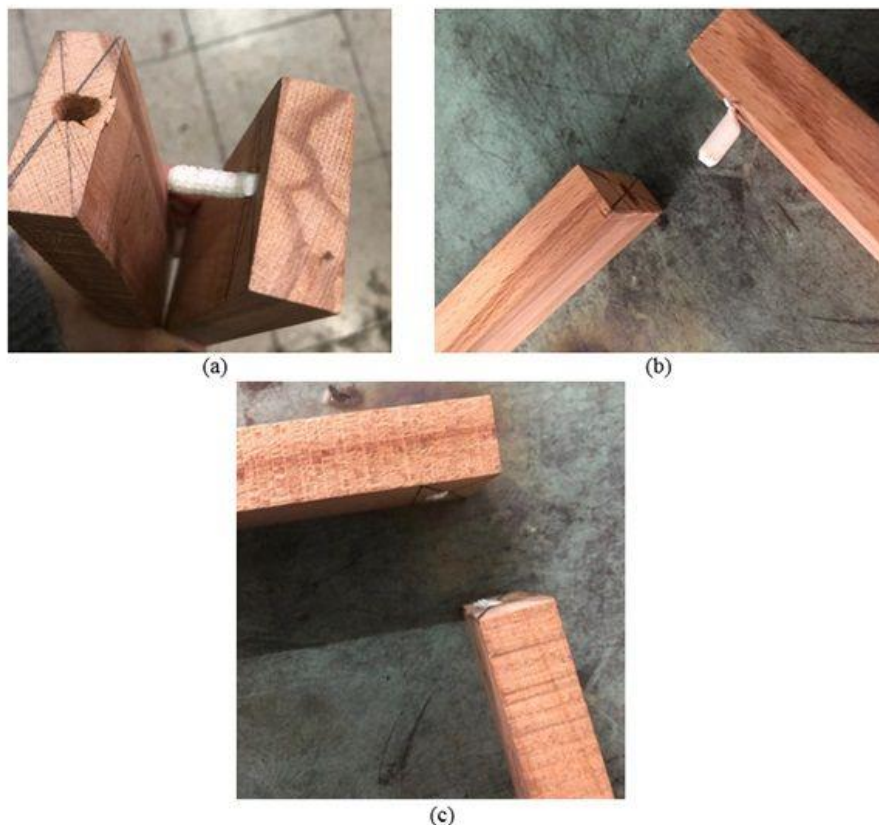


Figure 4. a) The failure mode of grooved (Dome) PLA dowel joint, b) The failure mode of straight PLA dowel joint, c) The failure mode of cross-PLA dowel joint.

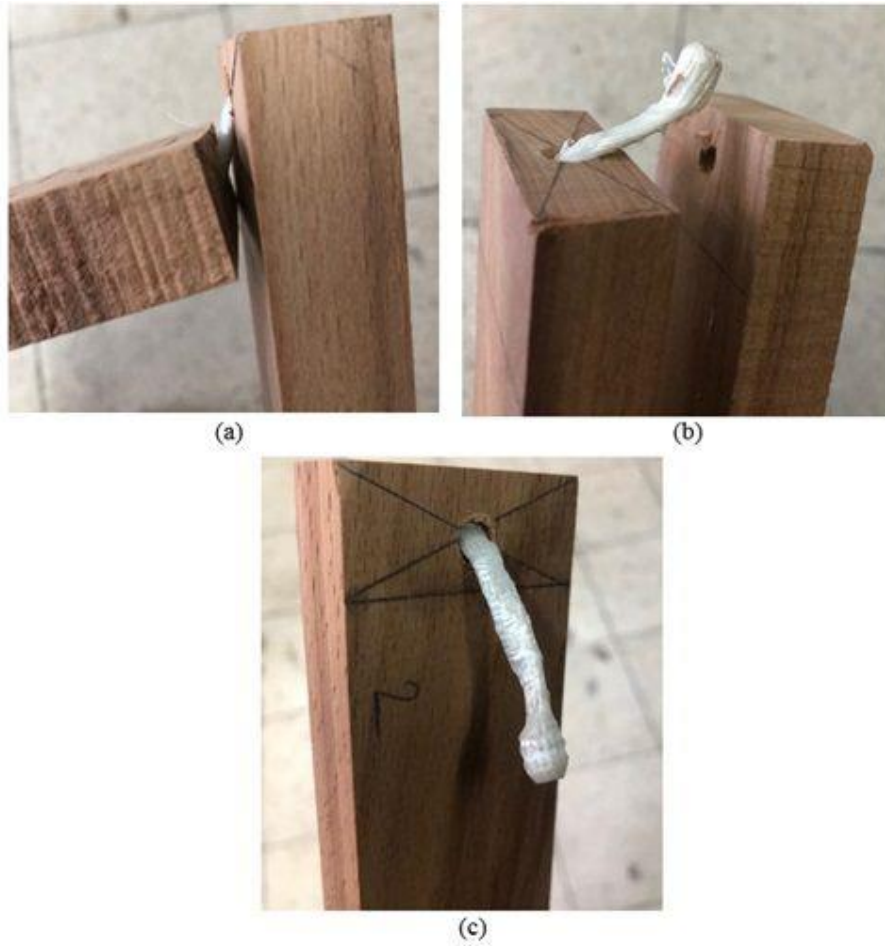


Figure 5. a) The failure mode of straight PLA + TPU (Tough) dowel joint, b) The failure mode of cross PLA + TPU (Tough) dowel joint, c) The failure mode of grooved (Dome) PLA + TPU (Tough) dowel joint.

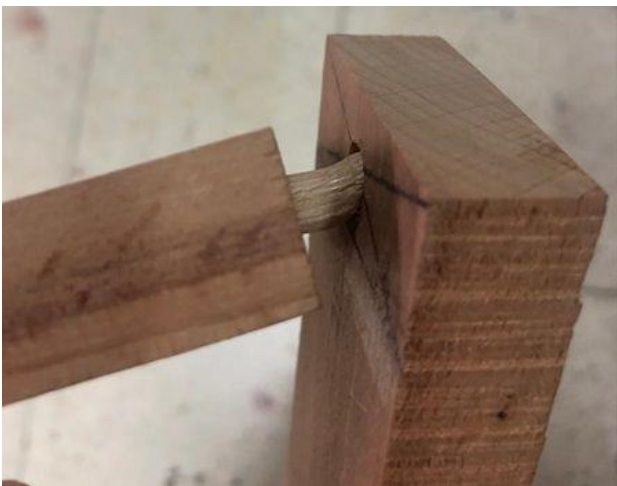


Figure 6. Wood Dowel Joint Failure



Figure 7. Resin Dowel Joint Failure



Figure 8. Plastic Dowel Failure

When the failure modes of L-type furniture joints are examined under shear test, the dowels produced from PLA showed elongation under load and were destroyed by crushing in the dowel holes. The dowels made from PLA+TPU were destroyed by elongation more than those made from only PLA ones, but the joint failure mode was similar to that of only PLA ones as shown in Figures 4 and 5. Similarly, wooden dowels showed a similar failure mode, showing slight shear and less elongation than PLA TPU dowels as shown in Figure 6. However, resin rupture was observed in the L-type furniture joints obtained from resin dowels, but no damage was observed in the dowel holes as shown in Figure 7. Actually, the resin dowels were more fragile compared to PLA and TPU ones. Additionally, cross ones were mostly broken compared to straight and grooved ones. A similar failure mode was observed in commercially available plastic dowels in Figure 8. Kasal (2008) investigated the effects of corner support element size on shear force carrying performance in T-type dowel-glued furniture joints were examined. In shear tests, dowel breakage (shear/ rupture) was observed in T-type joints made out of beech wood. This failure mode is consistent with the ones in this study.

3.4. Load-displacement curves for 3d printed dowel joints

The typical load-displacement curve for L-type furniture joints is shown in Figure 9.

The proportional limit is the highest point of the linearity (Vaidya and Pathak, 2019). After this point, plastic behavior, sharp breaks, or failure are monitored (Niklas, 1996). The curves showed that the addition of TPU to PLA increased the proportional limit of the load-displacement curve in Figure 8b compared to the one in Figure 8a. Additionally, as seen in Figure 4, the elongation of the PLA+TPU dowel was more than the only PLA dowel as seen in Figure 3. Demirel and Kalayci (2019) investigated that the ratio of proportional limit to ultimate load of stapled furniture joint made of solid wood is around 0.5. A Similar to that ratio was obtained with the PLA+TPU dowel joint in this study as seen in Figure 8b. In the joints with resin dowel, a sharp cut was observed after the ultimate load in Figure 8c. On the other hand, the joints with wood dowel did not show a sharp cut similar to resin dowel. They still hold the joint member for a while as seen in Figure 8d.

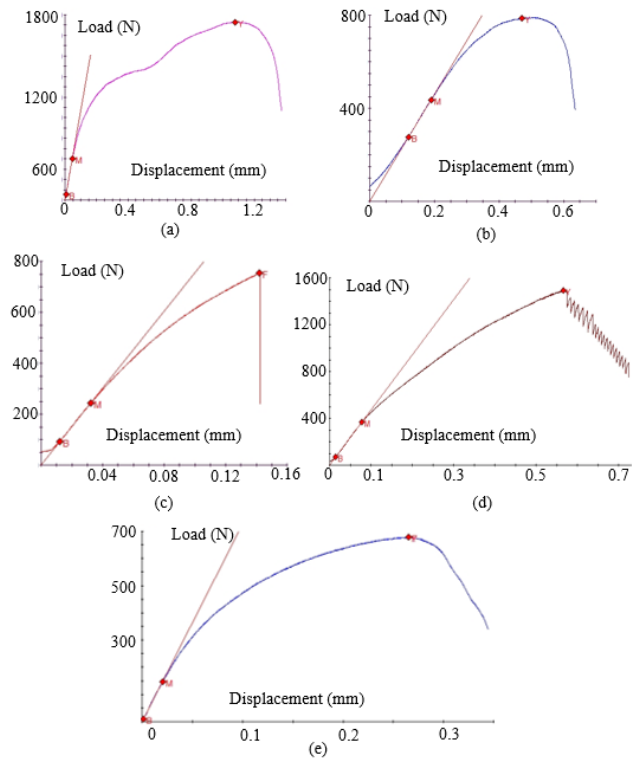


Figure 9. Typical load-displacement curve for L-joint a) with only PLA dowel, b) with PLA + TPU dowels, c) with resin dowel, d) with commercially available wood dowels e) with commercially available plastic dowel.

4. Conclusions

Within the scope of this study, the shear resistance values of the joints produced by using only PLA, PLA+TPU, resin, wood, and plastic dowels with the grooved, straight, and cross patterns were investigated.

- The results showed that only L-type furniture joints obtained from dowels made of PLA and wood showed statistically the highest shear resistance. Then it was followed by L-type furniture joints obtained from dowels made of PLA+TPU, resin, and plastic.
- In general, the difference in dowel pattern did not statistically affect the shear resistance of L-type joints, but only straight pattern dowels made of resin showed statistically higher shear resistance than grooved pattern dowels.
- Considering the results as the failure mode, the dowels were destroyed by showing elongation and crushing effect in the dowel holes only in the furniture joints made of PLA, PLA+TPU, and wooden dowels. However, in the dowel joints produced from resin and plastic, the dowels broke off with the shear effect without showing any elongation and did not leave a crushing effect on the dowel holes. As seen in the results of this study in general terms, the dowels produced from only PLA showed similar shear resistance compared to the conventional wood dowels. Additionally, this study showed that 3-D printed dowels were stronger than the conventional plastic dowels.
- The results of this study demonstrated the potential of 3D printing technology in the field of furniture manufacturing with different designs such as surface design for the dowel.

In addition, the use of 3D printing can significantly reduce the time and effort required for installation, leading to increased efficiency and productivity in furniture production. 3D printed connectors provide a strong and aesthetically pleasing alternative to traditional furniture connection methods. Further research is needed to fully understand the capabilities and limitations of 3D printing in furniture joints.

References

- Alaboodi, A.S., Sivasankaran, S., 2018. Experimental design and investigation on the mechanical behavior of novel 3D printed biocompatibility polycarbonate scaffolds for medical applications. *Journal of Manufacturing Processes*, 35: 479-491.
- Aydın, M., 2015. Additive manufacturing: is it a new era for furniture production? *Journal of Mechanics Engineering and Automation*, 5: 338-347.
- Aydın, M., Yılmaz Aydın, T., 2022. Bio - Mimicry: Tree rings and three-dimensional printing – Preliminary biomimetic experiments with fused deposition modeling using acrylonitrile butadiene styrene filament. *BioResources*, (17)4: 6588-6597.
- Carutasu, N.L., Simion, I., Carutasu, G., Jiga, G., Arion, A.F., 2015. Experimental test for elastic and mechanical evaluation of abs plastic used in 3D printing. *Materiale Plastice*, 52(3): 397-401.
- Chen, S., Lu, J., Feng, J., 2018. 3D-printable abs blends with improved scratch resistance and balanced mechanical performance. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 57(11): 3923-3931.
- Chen, C., Xing, Y., Xu, W., Tor, O., Quin, F., Zhang, J., 2019. Ultimate direct withdrawal loads of low shear strength wood dowels in selected wood species for furniture applications. *BioResources*, 14(4): 9214-9227.
- Demirel, S., Kalayci, G., 2019. Ratio of proportional limit load to ultimate load of the joint constructed from wood and wood based material. 29th International Conference, research for Furniture Industry, 19-20 September, Ankara, Turkey pp. 67-74.
- Demirel, S., Bas, S., 2021. Evaluation of creep characteristics of single-staple furniture joints made of different wood species. *Drvna Industrija*, 72(2): 179-186.
- Dul, S., Fambri, L., Pegoretti, A., 2016. Fused deposition modelling with ABS-graphene nanocomposites. *Composite Part A: Applied Science and Manufacturing*, 85: 181-191.
- Efe, H., Kasal, A., 2003. Çerçeve konstrüksiyonlu mobilya "T" tipi kavelalı birleştirmelerde köşe destek elemanı boyutunun çekme direncine etkisi. *Gazi University Journal of Science*, 16(2): 339-350.
- Hamzah, K.A., Yeoh, C.K., Noor, M.M., Teh, P.L., Aw, Y.Y., Sazali, S.A., 2019. Mechanical properties and thermal and electrical conductivity of 3D printed ABS-Copper ferrite composites via 3D printing technique. *Journal of Thermoplast Composite Materials*, 35: 3-16.
- Hossain, N., Chowdhury, M.A., Shuvho M.B.A., 2021. 3D-Printed objects for multipurpose applications. *Journal of Material Engineering Performance*, 30: 4756-4767.
- Kariz, M., Kuzman, M.K., Sernek, M., 2017. Adhesive bonding of 3D printed ABS parts and wood. *Journal of Adhesive Science and Technology*, 31(15): 1683-1690.
- Kasal, A., 2008. Farklı ölçülerde köşe destek elemanı kullanılmış t-tipi kavelalı mobilya birleştirmelerinin moment ve kesme kuvveti taşıma kapasiteleri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(2): 273-282.
- Kuo, C.C., Liu, L.C., Teng, W.F., Chang, H.Y., Chien, F.M., Liao, S.J., 2016. Preparation of starch/acrylonitrile-butadiene-styrene copolymers (ABS) biomass alloys and their feasible evaluation for 3D printing applications. *Composite Part B: Engineering*, 86: 36-39.
- Levenhagen, N.P., Dadmun, M.D., 2018. Interlayer diffusion of surface segregating additives to improve the isotropy of fused deposition modeling products. *Polymer (Guildf)*, 152: 35-41.
- Maciag, T., Wiczorek, J., Kalsa, W., 2019. Surface analysis of ABS 3D prints subjected to copper plating. *Archives Metallurgy and Materials*, 64(2): 639-646.
- McCullough, E.J., Yadavalli, V.K., 2013. Surface modification of fused deposition modeling ABS to enable rapid prototyping of biomedical microdevices. *Journal of Material Process Technology*, 213(6): 947-954.
- Niklas, K.J., 1996. Mechanical properties of black locust (*Robinia pseudoacacia*) wood: correlations among elastic and rupture moduli, proportional limit, and tissue density and specific gravity. *Annals of Botany*, 79: 479-485.
- Örs, Y., Efe, H., 1998. Mobilya (çerçeve konstrüksiyon) tasarımında bağlantı elemanlarının mekanik davranış özellikleri. *Doğa-Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22(5): 21-27.
- Raj, S.A., Muthukumar, E., Jayakrishna, K., 2018. A case study of 3D printed PLA and its mechanical properties. *Materials Today Proceeding*, 5(5): 11219-11226.
- Sagias, V.D., Giannakopoulos, K.I., Stergiou, C., 2018. Mechanical properties of 3D printed Polymer Specimens. *Procedia Structural Integrity*, 10: 85-90.
- Skorski, M.R., Esenther, J.M., Ahmed, Z., Miller, A.E., Hartings, M.R., 2016. The chemical, mechanical, and physical properties of 3D printed materials composed of TiO₂-ABS nanocomposites. *Science and Technology of Advanced Materials*, 17(1): 89-97.
- Vlasceanu, D., Baciu, F., Popescu, D., Hadar, A., Marinescu, R., 2018. Development and 3D printing of an ABS ergonomic handle for medical use a case study. *Materiale Plastice*, 55(4): 630-633.
- Vaidya, A., Pathak, K., 2019. Mechanical stability of dental materials. In: *Applications of Nanocomposite Materials in Dentistry* (Ed:Asiri, A.M., Inamuddin, A.M.), Woodhead Publishing Series in Biomaterials, India, pp. 285-305.
- Yılmaz Aydın, T., 2022. Do it yourself furniture: Part A - Designing fittings for an easy to manufacture hybrid chair. *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 5(1): 50-60.
- Zou, R., Xia, Y., Liu, S., Hu, P., Hou, W., Hu, Q., 2016. Isotropic and anisotropic elasticity and yielding of 3D printed material. *Composite Part B: Engineering*, (99): 506-13.

Effect of ternary deep eutectic solvents on delignification of stone pine cone

Özge Özgürlük^{a,*}, Şeyma Özlüsoylu^a, Sezgin Koray Gülsoy^a, Ayben Kılıç Pekközlü^a

Abstract: Due to their cost-effectiveness and environmentally friendly nature, deep eutectic solvents (DESs) hold great potential for applications in biomass conversion and the production of green chemicals. In this study, the delignification of the stone pine (*Pinus pinea* L.) cone was performed using seven different ternary deep eutectic solvents (TDESs). TDES treatments of stone pine cone samples were carried out in a microwave for 30 min. at 150 °C. The two-based components of TDESs were choline chloride (ChCl - 1 mol) and lactic acid (LA - 9 mol). The formic acid (FA - 2 mol), boric acid (BA - 1 mol), acetic acid (AA - 2 mol), sorbitol (S - 1 mol), triethylene glycol (TEG - 2 mol), ethylene glycol (EG - 2 mol), and glycerol (G - 2 mol) were used as third component of TDES. ChCl:LA:BA gave the lowest solid residue yield (57.90%) and highest lignin purity (86.89%). Klason lignin content of control was 35.08%. The lowest lignin content (19.42%) and highest delignification (68.89%) were obtained with ChCl:LA:FA treatment. The lowest and the highest L* values were obtained from ChCl:LA:BA and ChCl:LA:EG treatments with 21.76 and 37.36, respectively. This results showed that the third component of TDES affects the delignification efficiency of stone pine cone.

Keywords: Delignification, Lignin color, Lignin purity, Stone pine, TDES

Üçlü derin ötektik çözücülerin fıstık çamı kozalağının delignifikasyonuna etkisi

Özet: Uygun maliyetli olmaları ve çevre dostu doğaları nedeniyle derin ötektik çözücüler (DÖÇ), biyokütle dönüşümü ve yeşil kimyasalların üretimindeki uygulamalar için büyük potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, Fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) kozalaklarının delignifikasyonu yedi farklı üçlü derin ötektik çözücü (ÜDÖÇ) kullanılarak gerçekleştirildi. Fıstık çamı kozalağı örneklerinin ÜDÖÇ işlemleri mikrodalgada 150 °C'de 30 dakika süreyle gerçekleştirildi. ÜDÖÇ'lerin iki bazlı bileşenleri kolin klorür (ChCl - 1 mol) ve laktik asit (LA - 9 mol). ÜDÖÇ'in üçüncü bileşeni olarak formik asit (FA - 2 mol), borik asit (BA - 1 mol), asetik asit (AA - 2 mol), sorbitol (S - 1 mol), trietilen glikol (TEG - 2 mol), etilen glikol (EG - 2 mol) ve gliserol (G - 2 mol) kullanıldı. ChCl:LA:BA en düşük katı kalıntı verimini (%57,90) ve en yüksek lignin saflığını (%86,89) verdi. Kontrolün Klason lignin içeriği %35,08 idi. En düşük lignin içeriği (%19,42) ve en yüksek delignifikasyon (%68,89) ChCl:LA:FA işlemiyle elde edildi. En düşük ve en yüksek L* değerleri sırasıyla 21,76 ve 37,36 ile ChCl:LA:BA ve ChCl:LA:EG işlemlerinden elde edildi. Bu sonuçlar, ÜDÖÇ'ün üçüncü bileşeninin fıstık çamı kozalağının delignifikasyon verimini etkilediğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Delignifikasyon, Lignin rengi, Lignin saflığı, Fıstık çamı, ÜDÖÇ

1. Introduction

The stone pine (*Pinus pinea* L.) stands out as one of the distinctive tree species in the Mediterranean landscape due to its unique umbrella-like shape and the historical consumption of its sizable, nut-like seeds as food by humans (Mutke et al., 2012). The stone pine covers around one million hectares in countries surrounding the Mediterranean e.g. 193 000 ha in Portugal and 176 732 ha in Türkiye (Mutke et al., 2017; OGM, 2021; Costa et al., 2023). Spain accounts for around half of the spread of stone pine worldwide. It also spreads in Italy, France, Lebanon, Algeria, Tunisia, and Morocco (Mutke et al., 2019).

Cones, the reproductive organs of coniferous species, are regarded as forest waste and, over time, get mixed with the soil on the forest floor (Gulsoy and Ozturk, 2015). The average cone production in stone pine stands is between 200 and 1000 kg/ha, which equates to 36 to 180 kg/ha of kernels and 8 to 40 kg/ha of pine nuts per year (Sbay and Hajib, 2016). The most significant edible seed and one of the most

important non-wood products acquired from the Mediterranean woodlands are pine nuts from stone pine. Pine nuts are a highly expensive crop, with current retail values surpassing 100 €/kg and a growing market outside of the region (Calama et al., 2016). Pine nuts are extracted from cones and sold due to their economic importance. The remaining woody part of the cone is often burnt to generate heat and energy. The use of these parts in the manufacturing of wood-based composites was examined (Ayrilmis et al., 2009; Buyuksari et al., 2010). Also, the suitability of cone fibers for pulp and paper production was evaluated by Gülsoy et al., 2017.

Lignin is a complex polymer found in the cell walls of plants, particularly in woody tissues. It acts as a binding agent, providing structural support and rigidity to the plant. After cellulose, lignin ranks as the second most prevalent natural polymer on Earth. Lignin is an important component in several industrial processes. It is a major byproduct of the pulp and paper industry, where lignin is separated from cellulose fibers during the production of paper (Fengel and

^a Bartın University, Forestry Faculty, Forest Industry Engineering, Bartın, Türkiye

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 23.10.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 04.12.2023



Citation (Atıf): Özgürlük, Ö., Özlüsoylu, Ş., Gülsoy, S.K., Kılıç Pekközlü, A., 2024. Effect of ternary deep eutectic solvents on delignification of stone pine cone. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 107-112.
DOI: [10.18182/tjf.1379904](https://doi.org/10.18182/tjf.1379904)

Wegener, 1989). Lignin can be used in binders and adhesives, concrete additives, dispersants and emulsifiers, carbon fiber production, fuel and energy, specialty chemicals (vanillin), agricultural applications (biostimulants), water treatment (flocclulants). Cones contain more lignin than many wood species (Dönmez et al., 2012; Gonultas and Balaban Ucar, 2013; Gulsoy and Ozturk, 2015).

DESs were discovered at the beginning of the century by combining two or more components. DESs with two components are referred to as binary DES (BDES), while those with three components are referred to as ternary DES (TDES). DESs are low-cost, non-toxic, ecologically friendly, and biodegradable (Zhang et al., 2012). These benefits make them potential solvents for biomass pretreatment or extraction (Sumer and Van Lehn, 2022). Therefore, DES is a growing significant interest. The rising importance of DES can be observed from the increasing publication number in the last decade from the Web of Science (2023) (Figure 1). During the last decade, DESs have been extensively studied in biomass fractionation (Li et al., 2017; Pan et al., 2017; Xu et al., 2018; Lyu et al., 2018; Kwon et al., 2020; Yan et al., 2023) and pulping (Choi et al., 2016a; 2016b; Smink et al., 2019; Gülsoy et al., 2022a; 2022b; Gülsoy, 2023).

There are several factors in biomass DES treatment, such as treatment temperature, treatment time, solid/liquid ratio, DES components and their mole ratios, etc. DES components are a key factor that influences DES efficiency in biomass pretreatment. ChCl is extensively studied HBA (Hydrogen Bond Acceptor) in DES treatments. Alanine, betaine, proline, histidine, and ethyl ammonium chloride are other HBAs used compound to prepare DES. The most commonly used HBDs (Hydrogen Bond Donor) in DES preparation are amides (urea, acetamide, etc.), acids (lactic acid, acetic acid, etc.), alcohols (ethylene glycol, glycerol, etc.), carbohydrates (glucose, xylose, etc.).

There have been limited studies on the use of TDESs in biomass treatment, despite the fact that BDESs have received a lot of attention. Yan et al. (2023) synthesized lignin nanoparticles from rice straw using microwave-assisted lignocellulose fractionation with TDESs (ChCl, OA, and LA in a 1:0.5:1 ratio). The TDES efficiently fractionated rice straw under microwave irradiation (680 W) in about 4 minutes, and 63.4% of lignin was removed from the rice straw with 86.8% purity. Ee et al. (2023) investigated the effect of two different TDESs on delignification of rice husk. They discovered that at 100 °C and 3 hours, the delignification rate of alanine/lactic acid/ethylene glycol was 79.3%, whereas the delignification rate of lactic acid/tartaric acid/choline chloride was 71.6%. In their study, Ji et al. (2020) subjected garlic skin and green onion root to TDES treatment for the purpose of lignocellulose fractionation and cellulose enzymatic hydrolysis.

To the best of our knowledge, the effect of DES components on Scots pine cone TDES treatment efficiency has not previously been evaluated. Scots pine cone was treated with seven TDESs (ChCl:LA:FA, ChCl:LA:AA, ChCl:LA:BA, ChCl:LA:S, ChCl:LA:TEG, ChCl:LA:EG, and ChCl:LA:G) at 150 °C for 30 min. The effects of the third component of the TDES on solid residue yield, delignification, lignin yield, lignin purity, and lignin color were studied.

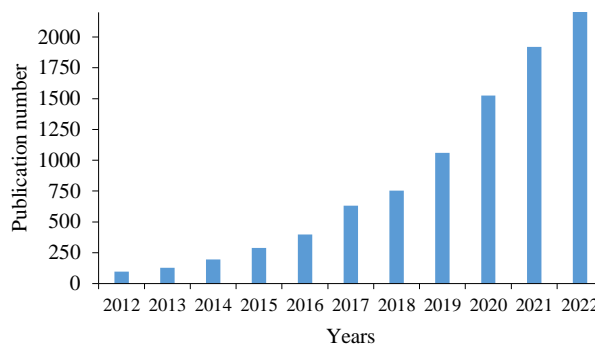


Figure 1. The number of research using DES published from 2012 to 2022 according to the Web of Science Database Platform (Web of science, 2023)

2. Materials and methods

2.1. Materials

Stone pine cones were obtained from İzmir Province, Türkiye. Nuts were removed before it was grounded. A Wiley mill was used to grind the cone samples, and a Retsch AS 200 sieve shaker was used to screen it. Samples remaining on a 60 mesh sieve were used. ChCl (CAS: 67-48-1, Sigma Aldrich), LA (CAS: 79-33-4, Sigma Aldrich), FA (CAS: 64-18-6, Merck), AA (CAS: 64-19-7, Merck), G (CAS: 56-81-5, Merck), EG (CAS: 107-21-1, Merck), TEG (CAS: 112-27-6, Merck), S (CAS: 50-70-4, ZAG Chemistry, Türkiye), and BA (CAS: 10043-35-3, Eti Mine, Türkiye) were purchased from relevant suppliers.

2.2. Preparation of TDES

The two components of TDES mixture were prepared with a molar ratio of 1:9 of ChCl and LA. The third components and their molar ratios of TDESs are given in Table 1. The mixture was heated at 70 °C with continuous stirring for 30 minutes until a clear solution formed. To minimize moisture absorption, it was then cooled to room temperature in a glass desiccator.

2.3. Characterization of TDESs

The viscosity of TDESs at 25 °C was measured with a AND SV-10 viscometer. Milwaukee MW805 was used to measure the electrical conductivity of TDESs at 25 °C. The density of TDESs at 25 °C was determined via a pycnometer.

Table 1. TDES components and their molar ratios

HBA	HBD1	HBD2	Molar ratios
ChCl	LA	FA	1:9:2
ChCl	LA	BA	1:9:1
ChCl	LA	AA	1:9:2
ChCl	LA	S	1:9:1
ChCl	LA	TEG	1:9:2
ChCl	LA	EG	1:9:2
ChCl	LA	G	1:9:2

2.4. TDES treatment of stone pine cone

In all TDES treatments of stone pine cone sample, a microwave (Milestone Start D, Italy) was used. The TDES treatments were carried out using a mixing ratio of 1:15 (3.0 g of dry biomass and 45.0 g of TDES) in a Teflon® sample holder of 100 mL capacity. To reduce temperature variations, the sample holders were rotated around a central axis within a carousel. Additionally, the microwave utilized a fiber optic temperature sensor to ensure precise temperature control. The pretreatment temperature was raised from room temperature to 150 °C over 10 min and held for 30 min. After the TDES pretreatment, the sample holder was filled with 50 mL of ethanol. The solid residue was then filtered through a medium porosity (2 number) Gooch crucible and washed twice with ethanol. The solid residue was then dried in a 103 °C oven. To recycle ethanol, the filtrate was evaporated in a rotatory evaporator at 45 °C. Following that, the remaining solution was supplemented with 500 mL of deionized water to facilitate the separation of lignin. The lignin samples were filtered using a Whatman No. 42 filter paper and washed with a 1/9 ethanol/distilled water (v/v) solution. Finally, the lignin samples were dried in a freeze-dryer.

2.5. Determination of Klason lignin and solid residue yield

The Klason lignin content in both the control and TDES-treated samples was determined using the TAPPI T 222 standard method. After TDES treatment, the solid residue yield was calculated as a percentage of the original weight.

2.6. Determination of lignin purity and delignification ratio

Lignin purity was calculated as a percentage of the mass of the extracted lignin sample using Klason lignin. The delignification ratio was calculated according to the following formula 1 (Liu et al., 2019).

$$\text{Delignification (\%)} = \left[1 - \frac{m_2 * c_2}{m_1 * c_1} \right] * 100 \quad (1)$$

where m1 denotes the dry weight of the sample used in the DES treatment (g), c1 denotes the Klason lignin ratio of the control sample (%), m2 denotes the dry weight (g) of the remaining sample after DES treatment (g), and c2 denotes the Klason lignin ratio of DES-treated sample (%).

2.7. Color of lignin

The color of lignin samples was evaluated using a Konica Minolta CM-700d spectrophotometer and three replicates according to the CIE Lab system. The color coordinates include the lightness L* (ranging from 0 for black to 100 for white), redness a* (with negative values for green and positive values for red on the green-red axis), and yellowness b* (with negative values for blue and positive values for yellow on the blue-yellow axis).

3. Results and Discussion

3.1. Physical properties of TDES

The viscosity, density, and electrical conductivity values of prepared TDES are listed in Table 2. Lower viscosity and density of DES allow better penetration into the lignocellulosic material during DES treatment (Jablonsky et

al., 2019). Thus, the delignification efficiency of DES increases. On the other hand, DESs have poor conductivity (lower than 2 mS/cm) (Zhang et al., 2021). Microwave-assisted DES treatment is generally used to increase delignification. In microwave heating, DESs with high electrical conductivity cause the effective delignification of lignocellulosic material (Muley et al., 2019; Kohli et al., 2020). ChCl:LA:S had the highest viscosity (151.0 cp) and density (1.2338 g/cm³), and the lowest ionic conductivity (565 μS/cm). ChCl:LA:TEG had lowest viscosity (27.0 cp) and density (1.1757 g/cm³). The highest ionic conductivity determined in ChCl:LA:AA with 2 955 μS/cm.

3.2. Klason lignin and solid residue yield

Figure 2 depicts the influence of TDES treatment time on the Klason lignin content of a cone sample. It was observed that the third component used in TDES treatment had a significant effect on the Klason lignin values of the cone sample. The Klason lignin content was reduced after all TDES treatments. The lowest Klason lignin content observed in ChCl:LA:FA treatment with 19.42%. ChCl:LA:EG treatment resulted in the highest Klason lignin content (27.83%). Acids (FA, AA, and BA) delignified better than polyols (S, TEG, EG, and G) when utilized as the third component in TDES (Figure 2). Klason lignin content of stone pine cone (control) determined as 35.08%. This value was agree with literature. Dönmez et al. (2012) noted that Klason lignin content of stone pine cones was 39.29%. Gonultas and Ucar, (2013) reported that Klason lignin contents of stone pine cones grown in different regions are between 33.47% and 37.23%.

Table 2. Physical properties of TDESs (at 25 °C)

TDES	Molar ratios	Viscosity (cp)	Density (g/cm ³)	Ionic Conductivity (μS/cm)
ChCl:LA:FA	1:9:2	28.0	1.1990	1915
ChCl:LA:BA	1:9:1	45.2	1.1872	1079
ChCl:LA:AA	1:9:2	59.6	1.2105	2955
ChCl:LA:S	1:9:1	151.0	1.2338	565
ChCl:LA:TEG	1:9:2	27.0	1.1757	1590
ChCl:LA:EG	1:9:2	34.7	1.1902	1574
ChCl:LA:G	1:9:2	47.3	1.2063	1230

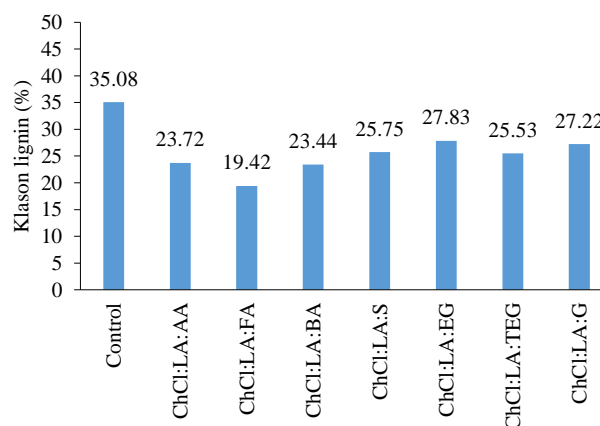


Figure 2. Effect of TDES type on Klason lignin content

Figure 3 depicts the influence of TDES treatment on solid residue yield in cone sample. It was observed that the third component used in TDES treatment had a significant effect on the solid residue yield of TDES treatment. The lowest and highest solid residue yield values were observed in ChCl:LA:BA and ChCl:LA:TEG with 57.90% and 74.50%, respectively. Solid residue yield shows the effectiveness of TDES treatment. High value means low efficiency, low value means high efficiency. In this context, ChCl:LA:BA is the most effective TDES treatment, while ChCl:LA:TEG is the least efficient TDES treatment. According to Lu et al. (2022), the residual solid yield of corn stover treated with TDES (ChCl: FA, and maleic acid) was reduced with longer treatment time (1, 1.5, 2, 2.5, and 3 h) and higher temperature (90, 100, 110, 120, and 130 °C).

3.3. Lignin purity and delignification ratio

Figure 4 depicts the influence of TDES treatment on lignin purity. It was observed that the third component used in TDES treatment had a significant effect on the purity of lignin. The purity of lignin obtained from different TDESs is between 77.63% (ChCl:LA:TEG) and 86.89% (ChCl:LA:BA). Lu et al. (2022) reported that lignin purity of corn stover treated with TDES (ChCl: FA, and maleic acid) was increased with longer treatment time and higher temperature.

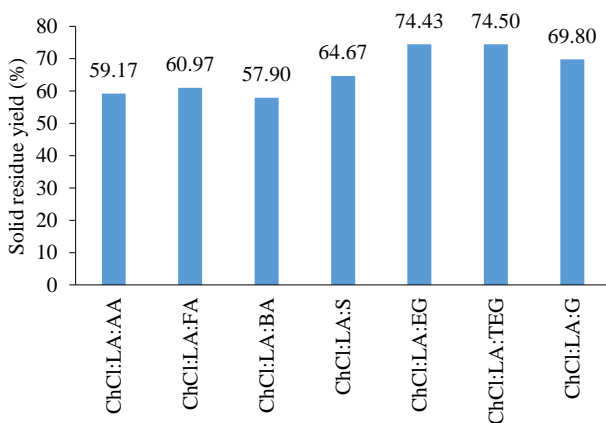


Figure 3. Effect of TDES type on solid residue yield

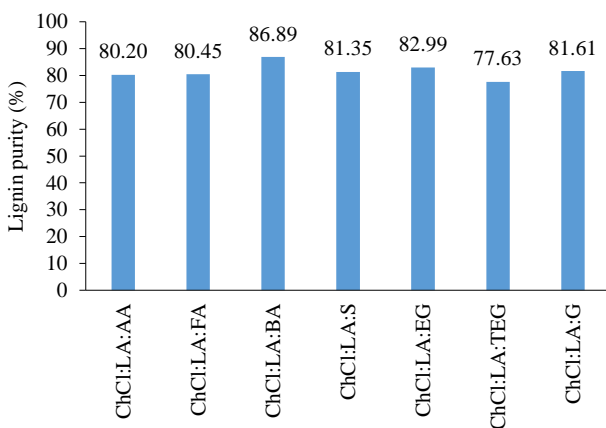


Figure 4. Effect of TDES type on lignin purity

The effect of TDES treatment on the delignification ratio was shown in Figure 5. It was observed that the third component used in TDES treatment had a significant effect on the delignification. The highest delignification ratio was obtained in ChCl:LA:FA treatment with 68.89%, while the lowest delignification ratio was determined in ChCl:LA:TEG treatment with 45.55%. When acids (FA, AA, and BA) were used as the third component in TDES, they delignified better than polyols (S, TEG, EG, and G) (Figure 5). Lu et al. (2022) noted that the highest delignification ratio of corn stover TDES (ChCl: FA, and maleic acid) treatment was obtained in 130 °C for 3 h (79.4%).

3.4. Color of lignin

Figure 6 indicates lignin samples obtained from TDES-treated stone pine cone. Figure 7 depicts the L*, a*, and b* values of lignin samples. The L*, a*, and b* values of lignin samples affected from third component used in TDES treatment. The lowest and the highest L*, a*, and b* values were 21.76 (ChCl:LA:BA) and 37.36 (ChCl:LA:EG), 5.26 (ChCl:LA:BA) and 11.81 (ChCl:LA:S), and 1.59 (ChCl:LA:G) and 11.85 (ChCl:LA:EG), respectively. Lu et al. (2022) noted that the L* values of lignin samples obtained from TDES (ChCl: FA, and maleic acid) treatment at 110 °C of corn stover samples were 62.96, 57.66, and 52.14 for 1 hour, 2 hours, and 3 hours TDES treatment times, respectively. Wu et al. (2023) have recently examined how different organic solvents (methanol, ethanol, and acetone) affect the separation of alkali lignin. Their findings revealed that the alkali lignin (control) has L*, a*, and b* values of 46.09, 10.27, and 17.84, respectively. Moreover, the most lightly colored lignin (L*: 59.27) was obtained from the lignin fractions extracted using acetone.

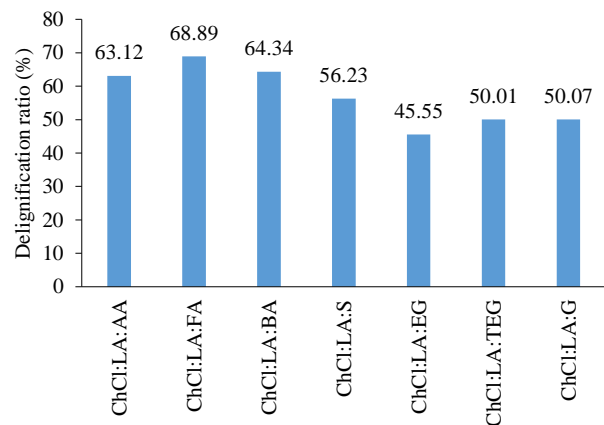


Figure 5. Effect of TDES type on delignification ratio

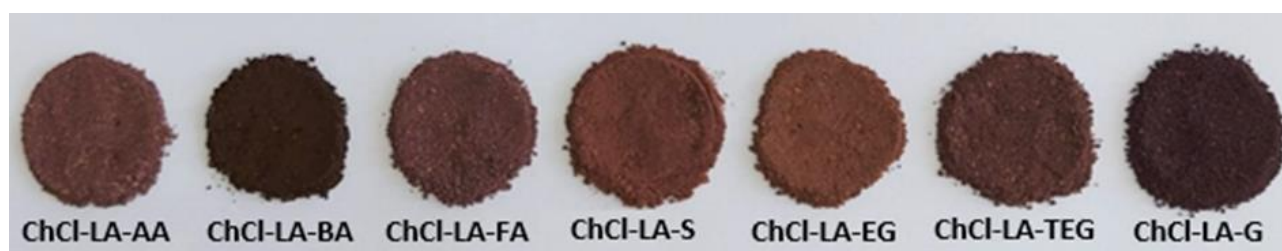


Figure 6. Lignin samples obtained from TDES-treatment of stone pine cone

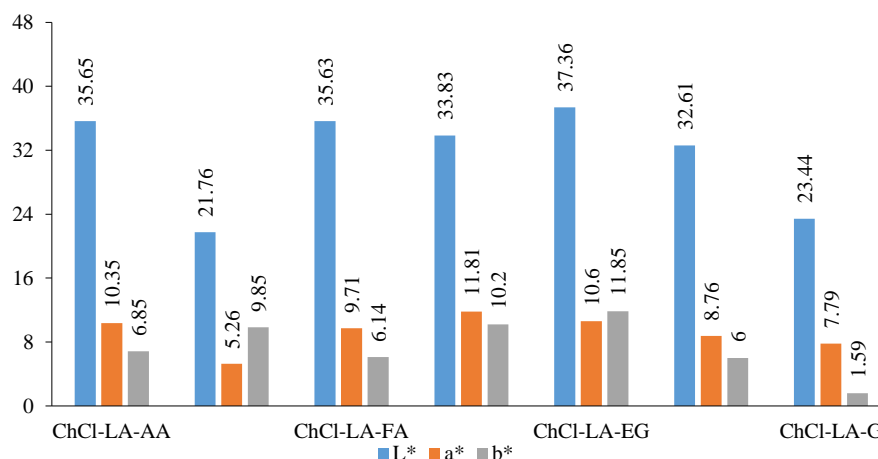


Figure 7. Optical properties of lignin samples

4. Conclusions

The results demonstrated that the third component used in TDES treatment of stone pine cone had a significant effect on solid residue yield, delignification, lignin yield, lignin purity, and lignin color. ChCl:LA:BA treatment exhibited the lowest solid residue yield (57.90%) and the highest lignin purity (86.89%). The control sample had a Klason lignin content of 35.08%. The ChCl:LA:FA treatment yielded the lowest lignin content (19.42%) and the highest delignification efficiency (68.89%). The ChCl:LA:BA and ChCl:LA:EG treatments produced the lowest (L^* : 21.76) and highest (L^* : 37.36) L^* values, respectively. Obtaining light-colored lignin in less time is critical, particularly for lignin uses in the cosmetic sector. These results indicate that the third component of the TDES has an impact on the delignification efficiency of stone pine cone.

Acknowledgements

The Authors Özge Özgürlük and Şeyma Özlüsoylu are both Council of Higher Education (YOK) 100/2000 doctoral students and are also supported within the scope of the 2211-A General Domestic Doctoral Scholarship Program.

References

- Ayrlıms, N., Buyuksari, U., Avci, E., Koc, E., 2009. Utilization of pine (*Pinus pinea* L.) cone in manufacture of wood based composite. *Forest Ecology and Management*, 259(1): 65-70. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.043>
- Buyuksari, U., Avci, E., Ayrlıms, N., Akkilic, H., 2010. Effect of pine cone ratio on the wettability and surface roughness of particleboard. *BioResources*, 5(3): 1824-1833.

- Calama, R., Gordo, J., Madrigal, G., Mutke, S., Conde, M., Montero, G., Pardos, M., 2016. Enhanced tools for predicting annual stone pine (*Pinus pinea* L.) cone production at tree and forest scale in Inner Spain. *Forest Systems*, 25(3): e079. <http://dx.doi.org/10.5424/fs/2016253-09671>
- Choi, K.H., Lee, M.K., Ryu, J.Y., 2016a. Effect of molar ratios of DES on lignin contents and handsheets properties of thermomechanical pulp. *J Korea TAPPI*, 48(2): 8-33. <https://doi.org/10.7584/ktappi.2016.48.2.028>
- Choi, K.H., Nam, Y.S., Lee, M.K., Ryu, J.Y., 2016b. Changes of BCTMP fibers and handsheets properties by the treatment of LB DES at different molar ratios. *J Korea TAPPI*, 48(7): 5-81. <https://doi.org/10.7584/ktappi.2016.48.1.075>
- Costa, R.A., Lourenço, A., Patrício, H., Quilhó, T., Gominho, J., 2023. Valorization of Pine Nut Industry Residues on a Biorefinery Concept. *Waste and Biomass Valorization*, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s12649-023-02068-w>
- Dönmez, İ.E., Hafizoğlu, H., Kilic, A., Tümen, I., Sivrikaya, H., 2012. Chemical composition of fourteen different coniferous species cones growing naturally in Turkey. *Wood Res*, 57(2): 339-344.
- Ee, L.Y., Tan, Y.K., Miao, J., Chu, H.T., Li, S.F.Y., 2023. High-purity lignin from selective biomass fractionation with ternary deep eutectic solvents. *Green Chemistry*, 25(8): 3137-3151. <https://doi.org/10.1039/D3GC00080J>
- Fengel, D., Wegener, G., 1989. *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter.
- Gonultas, O., Ucar, M.B., 2013. Chemical characteristics of the cone and wood of *Pinus pinea*. *Lignocellulose*, 2(1): 262-269.
- Gulsoy, S.K., Ozturk, F., 2015. Kraft pulping properties of European black pine cone. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 17(4): 875-882. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000076>
- Gülsoy, S.K., Hafizoğlu, H., Pekgözlü, A.K., Tümen, İ., Dönmez, İ.E., Sivrikaya, H., 2017. Fiber properties of axis and scale of eleven different coniferous cones. *Industrial Crops and Products*, 109: 45-52. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.044>

- Gülsoy, S.K., Küçüle, A., Gençer, A., 2022a. Deep eutectic solvent pulping from sorghum stalks. *Maderas-Cienc Tecnol*, 24(50):1-12. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-221x2022000100450>
- Gülsoy, S.K., Gitti, Ü.B., Gençer, A., 2022b. Comparison of soda, kraft, and DES pulp properties of European black poplar. *Drvna Industrija*, 73(2): 215-226. <https://doi.org/10.5552/drvind.2022.2112>
- Gülsoy, S.K., 2023. Comparison of kraft and ternary deep eutectic solvent pulping of scots pine. *Industrial Crops and Products*, 206, 117596. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117596>
- Jablonsky, M., Haz, A., Majova, V., 2019. Assessing the opportunities for applying deep eutectic solvents for fractionation of beech wood and wheat straw. *Cellulose*, 26: 7675-7684. <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02629-0>
- Ji, Q., Yu, X., Yagoub, A.E.G.A., Chen, L., Zhou, C., 2020. Efficient removal of lignin from vegetable wastes by ultrasonic and microwave-assisted treatment with ternary deep eutectic solvent. *Industrial crops and products*, 149:112357. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112357>
- Kohli, K., Katuwal, S., Biswas, A., Sharma, B.K., 2020. Effective delignification of lignocellulosic biomass by microwave assisted deep eutectic solvents. *Bioresour Technol*, 303: 122897. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122897>
- Kwon, G.J., Yang, B.S., Park, C.W., Bandi, R., Lee, E.A., Park, J.S., Han, S.Y., Kim, N.H., Lee, S.H., 2020. Treatment effects of choline chloride-based deep eutectic solvent on the chemical composition of Red Pine (*Pinus densiflora*). *BioResources*, 15: 6457-6470.
- Li, T., Lyu, G., Liu, Y., Lou, R., Lucia, L.A., Yang, G., Chen, J., Saeed, H.A., 2017. Deep Eutectic Solvents (DESs) for the isolation of willow lignin (*Salix matsudana* cv. Zhuliu). *International Journal of Molecular Sciences*, 18: 2266. <https://doi.org/10.3390/ijms18112266>
- Liu, Q., Yuan, T., Fu, Q. J., Bai, Y.Y., Peng, F., Yao, C. L., 2019. Choline chloride-lactic acid deep eutectic solvent for delignification and nanocellulose production of moso bamboo. *Cellulose*, 26: 9447-9462. [https://doi.org/10.1007/s10570-019-02726-0\(0123456789](https://doi.org/10.1007/s10570-019-02726-0(0123456789)
- Lu, C., Xu, J., Xie, J., Zhu, S., Wang, B., Li, J., Chen, K., 2022. Preparation, characterization of light-colored lignin from corn stover by new ternary deep eutectic solvent extraction. *International Journal of Biological Macromolecules*, 222: 2512-2522. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.10.035>
- Lyu, G., Li, T., Ji, X., Yang, G., Liu, Y., Lucia, L.A., Chen, J., 2018. Characterization of lignin extracted from willow by deep eutectic solvent treatments. *Polymers*, 10(8): 869. <https://doi.org/10.3390/polym10080869>
- Muley, P.D., Mobley, J.K., Tong, X., Novak, B., Stevens, J., Moldovan, D., Boldor, D., 2019. Rapid microwave-assisted biomass delignification and lignin depolymerization in deep eutectic solvents. *Energy Conversion and Management*, 196: 1080-1088. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.06.070>
- Mutke, S., Calama, R., González-Martínez, S.C., Montero, G., Javier Gordo, F., Bono, D., Gil, L., 2012. Mediterranean stone pine: Botany and horticulture. *Horticultural Reviews*, 39(1): 153-201.
- Mutke, S., Guadaño, C., Iglesias, S., León, D., Arribas, S., Gordo, J., Gil, L., Montero, G., 2017. Selection and identification of Spanish elite clones for Mediterranean pine nut as orchard crop. *Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéens*, (122), 71-75.
- Mutke, S., Vendramin, G.G., Fady, B., Bagnoli, F., González-Martínez, S.C., 2019. Molecular and quantitative genetics of stone pine (*Pinus pinea*). Chapter 3. Genetic diversity in horticultural plants, 61-84.
- OGM, 2021. Ormancılık istatistikleri 2021. Resmi istatistik programı kapsamındaki ormancılık istatistikleri, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Accessed: 20.10.2023.
- Pan, M., Zhao, G., Ding, C., Wu, B., Lian, Z., Lian, H., 2017. Physicochemical transformation of rice straw after pretreatment with a deep eutectic solvent of choline chloride/urea. *Carbohydrate Polymers*, 176: 307-314. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.088>
- Sbay, H., and Hajib, S., 2016. Le pin pignon: Une espèce de choix dans le contexte des changements climatiques. *Centre de recherches forestières, Maroc*, 77pp.
- Smink, D., Juan, A., Schuur, B., Kersten, S.R., 2019. Understanding the role of choline chloride in deep eutectic solvents used for biomass delignification. *Ind Eng Chem Res*, 58:16348-16357. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b03588>
- Sumer, Z., Van Lehn, R.C., 2022. Data-centric development of lignin structure-solubility relationships in deep eutectic solvents using molecular simulations. *ACS Sustain Chem Eng*, 10(31):10144-10156. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c01375>
- Web of Science, 2023. www.webofscience.com, Accessed: 13.06.2023.
- Wu, C., Yang, Y., Sun, K., Luo, D., Liu, X., Xiao, H., Dai, H., 2023. Lignin decolorization in organic solvents and their application in natural sunscreen. *International Journal of Biological Macromolecules*, 237: 124081. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124081>
- Xu, F., Sun, J., Wehrs, M., Kim, K.H., Rau, S.S., Chan, A.M., Singh, S., 2018. Biocompatible choline-based deep eutectic solvents enable one-pot production of cellulosic ethanol. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(7): 8914-8919. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b01271>
- Yan, Z., Wang, Z., Chen, Y., Liu, C., Liu, Y., Li, R., Si, M., Shi, Y., 2023. Preparation of lignin nanoparticles via ultra-fast microwave-assisted fractionation of lignocellulose using ternary deep eutectic solvents. *Biotechnology and Bioengineering*, 120(6): 1557-1568. <https://doi.org/10.1002/bit.28373>
- Zhang, Q., Vigier, K.D.O., Royer, S., Jerome, F., 2012. Deep eutectic solvents: Syntheses, properties and applications. *Chem Soc Rev*, 41:7108-7146. <https://doi.org/10.1039/C2CS35178A>
- Zhang, M., Zhang, X., Liu, Y., Wu, K., Zhu, Yi, Lu, H., Liang, B., 2021. Insights into the relationships between physicochemical properties, solvent performance, and applications of deep eutectic solvents. *Environ Sci Pollut Res*, 28(27):35537-35563. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14485-2>

Chemical composition of essential oil extracted from lavender growing in Kastamonu, Türkiye

Deren Tahmas-Kahyaoglu^{a,*} , Mürüvvet Begüm Özen^b , Hilal Yıldız^c 

Abstract: Lavender and lavender oils have been used as traditional herbal medicines for centuries. Nowadays, lavender and its essential oil are valuable materials used in many industries, e.g., food, cosmetics, perfume, sanitary products, and pharmaceuticals. Since the components of valuable oil differ depending on the growing region, these components must be identified to ascertain the oil's quality and potential uses. The essential oil composition was obtained from the stemmed fresh flowers of Kastamonu, Türkiye cultivars of lavender (*Lavandula x intermedia* var. Super) via a Clevenger-type hydrodistillation apparatus. Then, the essential oil was analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), and 14 components were identified. Linalool and linalyl acetate were the main components, with 28.44% and 17.12%, respectively. In this study, we aimed to evaluate our results by comparing them with Pharmacopoeia Europaea and ISO standards to determine the quality of the essential oil and its possible areas of use. The findings of this study showed that lavender essential oil is a high-quality essential oil as it contains high levels of linalool and is free of camphor. In addition, while the linalool, terpinen-4-ol, and camphor contents of the variety complied with the lavender oil standards set by ISO 3515:2002, the linalyl acetate content was found below this. Due to its high linalool content and lack of camphor, the extracted lavender oil can be predicted to be suitable for use in the food, beverage, aroma, pharmaceutical, perfume and aromatherapy industries.

Keywords: Hydrodistillation, *Lavandula* sp., Linalyl acetate, Linalool

Kastamonu'da yetişen lavantadan elde edilen uçucu yağın kimyasal bileşimi

Özet: Lavanta ve lavanta yağları yüzyıllardır geleneksel bitkisel ilaç olarak kullanılmaktadır. Günümüzde lavanta ve esansiyel yağ, gıda, kozmetik, parfüm, sıhhi ürünler ve ilaç gibi birçok endüstride kullanılan değerli malzemelerdir. Değerli yağın bileşenleri yetiştirme bölgesine bağlı olarak farklılık gösterdiğinden, yağın kalitesini ve potansiyel kullanım alanlarını belirlemek için bu bileşenlerin belirlenmesi gerekir. Esansiyel yağ bileşimi, Kastamonu, Türkiye lavanta çeşitlerinin saplı taze çiçeklerinden (*Lavandula x intermedia* var. Super) Clevenger tipi hidrodistilasyon cihazı kullanılarak elde edildi. Daha sonra uçucu yağın gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) ile analizi sonucu 14 bileşen tanımlanmıştır. Linalool ve linalil asetat sırasıyla %28,44 ve %17,12 ile yağın ana bileşenleridir. Bu çalışmada elde edilen yağın kalitesini ve olası kullanım alanlarını belirlemek için sonuçlarımızı Avrupa Farmakopesi ve ISO standartları ile karşılaştırarak değerlendirmeyi amaçladık. Analiz sonuçları, lavandin esansiyel yağının yüksek düzeyde linalool içermesi ve kafur içermemesi nedeniyle yüksek kaliteli bir esansiyel yağ olduğunu göstermiştir. Ayrıca, linalool, terpinen-4-ol ve kafur içerikleri ISO 3515:2002'de belirtilen lavanta yağı standartlarına uygun iken, linalil asetat içeriği standard değerinin altında bulunmuştur. Çalışmada ekstrakte edilen lavandin yağının yüksek linalool içeriği ve kafur içermemesi nedeniyle gıda, içecek, aroma, ilaç, parfüm ve aromaterapi endüstrilerinde kullanıma uygun olduğu öngörülebilmektedir.

Anahtar kelimeler: Hidrodistilasyon, *Lavandula* sp., Linalil asetat, Linalool

1. Introduction

Türkiye has an important place in the world trade of medicinal and aromatic plants thanks to its geographical location. Medicinal and aromatic plants are used to prevent and treat disease and maintain health. The global use of aromatic plants and their essential oils (EOs) is increasing due to consumer demand for natural ingredients and concerns about synthetic additives. The World Health Organization (WHO) stated that more than 80% of the world's population uses herbal medicines. These plants and their EOs represent a diverse and unique source of natural products and are used

in many industries, such as cosmetics, perfume, sanitary products, and pharmaceuticals. Additionally, EOs have potential applications in food products due to their strong antimicrobial and antioxidant activities. They are volatile and aromatic oils extracted from plants and named after their parent plants. The quality and quantity of EO components are affected by different factors, such as the genotype of the plant, the environmental conditions of the plant's growing and harvesting season, drying conditions, and the extraction method (Baydar, 2009; Avcı, 2010; Pinto et al., 2007).

Among the plants containing essential oils, lavender (*Lavandula* sp.), which belongs to the Lamiaceae family, is a

✉ ^a Kastamonu University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Food Engineering, Kastamonu, Türkiye

^b Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Chemistry, Nevşehir, Türkiye

^c Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Food Engineering, Nevşehir, Türkiye

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 27.10.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 21.12.2023



Citation (Atıf): Tahmas-Kahyaoglu, D., Özen, M.B., Yıldız, H., 2024. Chemical composition of essential oil extracted from lavender growing in Kastamonu, Türkiye. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 113-117.

DOI: [10.18182/tjf.1382213](https://doi.org/10.18182/tjf.1382213)

very valuable and profitable plant because it contains high-quality EOs. The Food and Drug Administration (FDA) recognizes it as safe for use in food (Bethesda, 2006). Thus, lavender essential oil (LEO) has become a popular ingredient in the food industry due to its beneficial properties and pleasant fragrance. While its antimicrobial activity is well known, including against *Candida albicans*, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus*, its antioxidant properties have captured the attention of many researchers (Hammer et al., 1999; Moon et al., 2004; Gülcin et al., 2004; Topal et al., 2008; Hui et al., 2010; Danh et al., 2013). Therefore, it is mainly used in food, perfume, sanitary products, cosmetics, and medicine. Lavenders consist of 25–30 species of flowering plants (Hui et al., 2010). The most commonly used lavender species for oil extraction are lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and lavandin (*Lavandula intermedia* Emeric ex Loisel.). Although lavender has the most beautiful scent and high quality, its oil production is much lower than that of high-camphor lavandin (Adam, 2006). For this reason, oils derived from lavandin are often blended with lavender oil or other commercially available EOs to create a pleasant aroma. Lavender oil exhibits analgesic, sedative, disinfectant, bactericidal, fungicidal, and antidepressant activities as well as alleviates depression and anxiety, improves mood, and induces sleep (Smigielski et al., 2011). The main components in LEO are linalyl acetate (20–60%) and linalool (20–35%). On the one hand, while linalool is commonly used in food, beverages, flavorings, and pharmaceuticals, linalyl acetate is found to be a valuable component used in cosmetics and perfumes. On the other hand, EOs rich in camphor and 1,8-cineole are used in the pharmaceutical and insecticide industries (Katar et al., 2020). Lavender flowers can contain as much as 3% EO, which varies by genotype, climate, soil structure, extraction method, etc. (Adaszyńska-Skwirzyńska and Szczerbińska, 2019).

Oil production from lavender is commonly carried out using various methods such as hydrodistillation, Soxhlet extraction, and supercritical carbon dioxide extraction. Hydrodistillation is a traditional technique where plant material is boiled in water with direct contact between the two. Depending on the region of cultivation, it is necessary to identify the valuable components of the extracted lavender oil to assess the oil's quality and potential applications. The most important components determining the quality of LEO are linalool and linalyl acetate (Kara and Baydar, 2013). However, as the camphor content increases, the smell of the EO deteriorates (Adam, 2006). On the one hand, camphor-rich lavender oils are valuable to the pharmaceutical and pesticide industries (Baydar, 2013). On the other hand, the absence or scarcity of camphor in EO indicates high quality and makes it ideal for perfume and aromatherapy (Adam, 2006; Kara and Baydar, 2013).

Gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS) is an effective method for identifying the volatile composition of distilled EOs due to its fast and comprehensive separation and detection capabilities. Additionally, commercially available MS libraries identify these compounds' mass spectra.

This study aimed to obtain EO from a lavandin variety grown in Kastamonu by the hydrodistillation method and to understand the quality and usage areas of the oil by determining the volatile components of this oil by GC-MS.

2. Material and method

2.1. Plant material

The stemmed fresh lavandin (*Lavandula x intermedia* var. Super) flowers were collected from Kastamonu province, Türkiye in May 2022 and used to acquire EO.

2.2. Essential oil isolation

A Clevenger-type hydrodistillation apparatus was used to obtain EO from the stemmed, fresh lavandin flowers. However, sample preparation is required before hydrodistillation. For this purpose, a 500 g lavandin sample and 500 mL of water were blended via a blender. While the blending process continued, another 2500 mL of water was slowly added to this mixture to obtain a 6:1 ratio of water to the lavender sample (Sintim et al., 2015). Then, the mixture was taken into the hydrodistillation flask and steam-distilled for 3 hours (h) for the extraction of the EO. Lastly, the isolated EO was stored in amber-colored, airtight, sealed vials at 4 °C before analysis.

2.3. Essential oil component determination

The gas chromatography-mass spectrometer (GC-MS) technique (GCMS-QP 2010 Ultra, Shimadzu, Japan) was used to identify LEO components. A modified version of the method used by Kammoun et al. (2021) was employed as the analysis protocol. Principally, the EO samples must be prepared for GC-MS analysis. Therefore, the LEO sample was diluted at 1:100 in hexane (Sigma-Aldrich, Canada). All components of the EO were separated on an Rtx-5MS fused silica capillary column (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm) utilizing helium as a carrier gas at a flow rate of 3 mL/min, split ratio of injection 1/25 with a 250 °C injector, and detector temperature. Oven program: 40 °C for 3 min; from 40 °C to 240 °C at 4 °C/min. The mass selective detector was operated with a set mass scan for the acquisition from 40 to 450 (m/z) to obtain total ion chromatograms. Individual chemical compounds in the analyzed samples were determined using the commercial mass spectra library (W9N11) by comparing the achieved mass spectra of each volatile compound. The quantification of the relative abundance of all volatile compounds in the sample was done based on the relative area of the total ion chromatogram peaks.

3. Results

According to the 3 h hydrodistillation results, 1% EO was extracted from the lavandin used in the study. It has been reported that lavender flowers can contain up to 3% EO, which varies by genotype, climate, soil structure, extraction method, etc. (Adaszyńska-Skwirzyńska and Szczerbińska, 2019). Some researchers claimed that the lavandin plant contains from 1% to 1.5% of its total weight in EO in fresh stemless flowers and from 5.0% to 6.0% in dried stemless flowers (Kara and Baydar, 2013; Kara and Baydar, 2011; Baydar, 2009). In terms of the EO from fresh stem flowers, our results are consistent with previous findings.

Volatile components of the LEO were revealed via the GC-MS technique. In Table 1, the percentage composition of a total of 14 individual components found in LEO can be seen. The main ones are linalool (28.44%), linalyl acetate

(17.12%), trans- β -ocimene (8.33%), lavandulyl acetate (6.11%), α -terpineol (5.94%), geranyl acetate (5.66%), terpinen-4-ol (5.12%), and caryophyllene (3.07%) as seen in Table 1.

Lavender essential oil is characterized by a high level of linalool and linalyl acetate in its chemical composition (Kara and Baydar, 2013; Pokajewicz et al., 2021). It also contains moderate amounts of terpinen-4-ol, lavandulyl acetate, and lavandulol (Kara and Baydar, 2013; Pokajewicz et al., 2021). Additionally, there are varying levels of eucalyptol (1,8-cineol) and camphor (Kara and Baydar, 2013; Pokajewicz et al., 2021). These are just a few of the many other components found in oil that contribute to its physical, chemical, and biological properties. The essential oil of *L. angustifolia* can have a highly varied chemical composition, which is mainly determined by the plant's genotype. However, environmental and ontogenetic factors, as well as the region, conditions of cultivation, post-harvest processing procedures, and even the part of the plant used, can also influence the chemical composition of the essential oil. The quality of lavender oil can vary depending on its intended use and has been classified by mainly the International Organization for Standardization (ISO 3515:2002) and the European Pharmacopoeia (Ph. Eur.). While the Ph. Eur. has set maximum limits for the EO components for pharmaceutical and perfume use, the ISO has defined specific characteristics of LEOs from different origins to simplify the assessment of their quality (ISO 3515:2002; Pokajewicz et al., 2021). The quality of lavender oil can be determined by two main factors: the pleasant aroma, which is a subjective characteristic, and the desired combination of ingredients (Pokajewicz et al., 2021). In this study, we aimed to evaluate our results by comparing them with standards to determine the quality of the essential oil and its possible areas of use. On the one hand, according to the ISO 3515:2002 standard, the percentages of linalool, linalyl acetate, cymene, terpinen-4-ol, and camphor should be between 25.0-38.0%, 25.0-45.0%, 4.0-10.0%, 2.0-6.0%, and 0-0.5%, respectively (ISO 3515:2002). On the other hand, the Ph. Eur. 10th edition defines the limits of linalool, linalyl acetate, cymene, terpinen-4-ol, and camphor as 20.0-45.0%, 25-47%, no limits, 0.1-8.0%, and maximum 1.2%, respectively (Katar et al., 2020; Pokajewicz et al., 2021). In this study, the linalool, terpinen-4-ol, and camphor contents of the cultivar complied with the LEO standards set by ISO 3515:2002 and the Ph. Eur. 10th edition (ISO 3515:2002). However, the linalyl acetate content was below these standards. By the way, it is also worth noting that the values specified in these standards are based on GC analysis with a flame ionization detector (FID) (Pokajewicz et al., 2021). However, currently, the most commonly used method for quantitative sample analysis in scientific studies is GC-MS, with its greatly improved detection of small chemical components in EOs (Pokajewicz et al., 2021; Aparicio-Ruiz et al., 2018; Shellie et al., 2002). Generally, GC-MS is useful for qualitative analysis; GC-FID, on the other hand, provides a more accurate quantitative measurement of many components (Pokajewicz et al., 2021; Aparicio-Ruiz et al., 2018). Therefore, based on the GC-MS results obtained, we can conclude that the amount of linalyl acetate, the main component of lavender oil, is not within the range of the specified standards.

Table 1. Determined volatile compositions of LEO via GC-MS

Chemical name	Content (%)
Linalool	28.44
Linalyl acetate	17.12
Trans- β -ocimene	8.33
Lavandulyl acetate	6.11
α -Terpineol	5.94
Geranyl acetate	5.66
Terpinen-4-ol	5.12
Caryophyllene	3.07
3-Octyl acetate	2.79
β -Farnesene	2.56
3-Octanone	1.49
Myrcene	1.48
Caryophyllene oxide	1.12
Nerol	0.92
Total content	90.15

The table does not include compounds whose concentrations are below the detection limit.

There have been other studies on the LEO from different regions in Türkiye. For instance, Katar et al. (2020) reported in their study that the samples of Afyon and Isparta locations had linalool contents of 51.10% and 48.84%, respectively. They also found that at 53.10%, the Eskişehir location had the highest linalool content, while the Uşak location had the lowest at 41.34%. The group of Katar (2020) determined the rate of linalyl acetate at 23.54% for the Isparta location, and the lowest value was obtained at 1.83% for the Eskişehir location. Additionally, they also examined the linalyl acetate ratio, which was 21.58% for the Uşak location and 3.14% for the Afyon location. In this study, while the linalool content of LEO obtained from the Kastamonu location was lower than the study results of Katar et al. (2020) it was determined that the linalyl acetate content was almost five times higher than the value obtained from the Uşak region. Many researchers have stated that the EO composition of lavender and lavandin varies based on genotype, harvest time, and extraction method (Pinto et al., 2007; Baydar, 2009; Avcı, 2010; Kara and Baydar, 2013).

β -ocimene is a common volatile substance released in significant amounts from the leaves and flowers of many plants. This component may play a role in some biological functions in plants (influencing flower visitors, defense response). This component, which is abundant in most plants, serves to attract pollinators to flowers. It has two stereoisomers: cis- and trans- β -ocimene. The trans isomer is more common and more abundant in floral fragrances than the cis isomer (Farré-Armengol et al., 2017). In our study, the trans- β -ocimene amount was determined to be 8.33% (Table 1). The amount of β -ocimene in lavender essential oil grown in Afyon, Eskişehir, Isparta, and Uşak regions was determined to be 0.51%, 0.53%, 2.44%, and 1.21%, respectively (Katar et al., 2020). In the study conducted to develop a new approach to determining the quality of lavender essential oil, the amount of trans- β -ocimene was determined to be 5.18% (Marincaş and Feher, 2018). In a study examining Polish and Bulgarian lavender, trans- β -ocimene was detected only in Polish lavender, and its amount was 0.26%. (Dębczak et al., 2022).

Lavandulyl acetate has generally been noted to be active against Gram-positive bacteria and yeasts and may have a bactericidal or bacteriostatic effect depending on the type of bacteria. It is also in high demand in cosmetics and perfumery (Dębczak et al., 2022). In our study, the amount of lavandulyl

acetate was determined to be 6.11% (Table 1). In another study, Polish and Bulgarian lavenders were examined, and the amounts of lavandulyl acetate were determined to be 5.17% and 3.02%, respectively (Dębczak et al., 2022). In a study comparing two Czech lavender varieties, the average amount of lavandulyl acetate was found to be 8.62% in Krajová lavender and 8.88% in Beta lavender (Dušková et al., 2016). In lavenders in the Afyon, Eskişehir, Isparta, and Uşak regions, lavandulyl acetate was detected only in the Uşak region, and its amount was 2.47% (Katar et al., 2020). In another study, the amount of lavandulyl acetate was found to be 0.07% (Marincaş and Feher, 2018).

Terpineols are monocyclic monoterpenoid tertiary alcohols. There are four most commonly known isomers of terpineols: α -, β -, γ -, and δ -terpineol. α -terpineol is widely found in nature and has been detected in more than 150 essential oils. Other isomers are not commonly found in nature. Studies have shown that α -terpineol, in addition to its traditional use, has many biological properties such as antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and anticarcinogenic (Sales et al., 2020). In our study, the amount of α -terpineol was determined to be 5.94% (Table 1). The amount of α -terpineol in lavender essential oil grown in Afyon, Eskişehir, Isparta, and Uşak regions was determined to be 0.48%, 0.45%, 2.96%, and 3.30%, respectively (Katar et al., 2020). In a study examining Polish and Bulgarian lavender, α -terpineol was detected only in Polish lavender, and its amount was 0.31% (Dębczak et al., 2022). In another study, the amount of α -terpineol was found to be 1.03% (Marincaş and Feher, 2018).

Geranyl acetate, an ester of geraniol, represents a flavor with different odor characteristics. It is also the main component of many essential oils (such as lime oil) that have high economic value. Geranyl acetate is considered the most valuable geranyl ester for its color, flavor, and aroma properties, and it has been used as a flavoring agent in food, cosmetics, and fragrance production (Zeferino et al., 2021). In our study, the geranyl acetate amount was determined to be 5.66% (Table 1). The amount of geranyl acetate in lavender essential oil grown in Afyon, Eskişehir, Isparta, and Uşak regions was determined as 0.49%, -, 1.25%, and 1.28%, respectively (Katar et al., 2020).

It is stated that linalyl acetate and linalool, the main components of LEO, have a calming effect, while camphor has a stimulating effect on humans (Tomi et al., 2018). Due to the stimulant effect of camphor on sympathetic nerves, the higher amount of camphor in lavandin oil may counteract the relaxing effects of linalool and linalyl acetate in true lavender (Tomi et al., 2018). Additionally, as the camphor content increases, the LEOs scent deteriorates, so it is not preferred in the perfume industry (Kara and Baydar, 2013).

In the Katar group's study (2020), the camphor content in EO samples varied from 4.48% to 7.60% in Afyon, Isparta, Eskişehir, and Uşak locations. According to the values obtained from this study, camphor wasn't determined from the LEO used. The fact that LEO obtained from a lavandin variety grown in Kastamonu does not contain camphor shows high quality. This EO is therefore suitable for use in the perfume and aromatherapy industries. Additionally, as stated in the Ph. Eur., the camphor content is required to be at most 1.2% for being used in the perfume and pharmaceutical industries (Katar et al., 2020; Pokajewicz et al., 2021).

4. Conclusion

Plant-derived EOs have various applications in the food, pharmaceutical, and cosmetics industries. Different factors, such as the environmental conditions, the plant's growing season, and the extraction method of its oil, affect the quality and quantity of EO components. Essential oils must be characterized by reliable techniques to ensure quality in pharmaceutical, cosmetic, and food products. This study revealed the volatile composition of LEO via the GC-MS technique. The key constituents of the LEO were identified as linalool (28.44%) and linalyl acetate (17.12%). In addition, the high values of linalool and the absence of camphor in the LEO used in this study indicate its high quality and make it suitable for use in the food, beverage, flavorings, pharmaceutical, perfume, and aromatherapy industries.

References

- Adam, K.L., 2006. Lavender production, products, markets, and entertainment farms, <https://naturalingredient.org/wp/wp-content/uploads/lavender.pdf>, Accessed: 22.09.2023
- Adaszyńska-Skwirzyńska, M., Szczerbińska, D., 2019. The effect of lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oil as a drinking water supplement on the production performance, blood biochemical parameters, and ileal microflora in broiler chickens. *Poultry Science*, 98(1): 358-365.
- Aparicio-Ruiz, R., García-González, D.L., Morales, M.T., Lobo-Prieto, A., Romero, I., 2018. Comparison of two analytical methods validated for the determination of volatile compounds in virgin olive oil: GC-FID vs GC-MS. *Talanta*, 187: 133-141.
- Avcı, A.B., 2010. A new record and distribution of the endemic *Thymus cilicicus* Boiss. & Bal. for the squares B3 and C3 in Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 15(1): 40-42.
- Baydar, H., 2009. Lavender. Medicinal and aromatic plant science and technology (3rd press). Süleyman Demirel University Press No: 51, 274-278, Isparta.
- Baydar, H., 2013. Tibbi, Aromatik ve Keyf Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın No:51, Isparta.
- Bethesda, M.D., 2006. National Institute of Child Health and Human Development. Drugs and Lactation Database (LactMed®) Lavender, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK501865/>, Accessed: 24.10.2023
- Danh, L.T., Han, L.N., Triet, N.D.A., Zhao, J., 2013. Comparison of chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of lavender (*Lavandula angustifolia* L.) essential oils extracted by supercritical CO₂, hexane, and hydrodistillation. *Food Bioprocess Technology*, 6: 3481-3489.
- Dębczak, A., Tyśkiewicz, K., Fekner, Z., Kamiński, P., Florkowski, G., Konkol, M., Rój, E., Grzegorzczak, A., Malm, A., 2022. Molecular distillation of lavender supercritical extracts: physicochemical and antimicrobial characterization of feedstocks and assessment of distillates enriched with oxygenated fragrance components. *Molecules*, 27(5): 1470.
- Dušková, E., Dušek, K., Indrák, P., Smékalová, K., 2016. Postharvest changes in essential oil content and quality of lavender flowers. *Industrial Crops and Products*, 79: 225-231.
- Farré-Armengol G., Filella, I., Llusà, J., Peñuelas, J., 2017. β -ocimene, a key floral and foliar volatile involved in multiple interactions between plants and other organisms. *Molecules*, 22: 1148.
- Gülcin, W., Şat, İ.G., Beydemir, Ş., Elmastaş, M., Küfrevioğlu, Ö.İ., 2004. Comparison of antioxidant activity of clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb) buds and lavender (*Lavandula stoechas* L.). *Food Chemistry*, 87: 393-400.
- Hammer, K.A., Carson, C.F., Riley, T.V., 1999. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 86: 985-990.

- Hui, L., He, L., Huan, L., Xiaolan, L., Aiguo, Z., 2010. Chemical composition of lavender essential oil and its antioxidant activity and inhibition against rhinitis related bacteria. *African Journal of Microbiology Research*, 4: 309-313.
- ISO 3515:2002 Lavander Oil Quality Standarts. International Organization for Standardization ISO Central Secretariat, Geneva-Switzerland.
- Kara, N., Baydar, H., 2011. Essential oil characteristics of lavandins (*Lavandula x intermedia* emeric ex loisel.) of Isparta province, Kuyucak district, where lavender production center of Turkey. *Journal of Selcuk Agriculture and Food Sciences*, 25(4): 41-45.
- Kara, N., Baydar, H., 2013. Determination of lavender and lavandin cultivars (*Lavandula sp.*) containing high-quality essential oil in Isparta, Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 18(1): 58-65.
- Kammoun A.K., Altyar, A.E., Gad, H.A., 2021. Comparative metabolic study of citrus sinensis leaves cultivars based on GC-MS and their cytotoxic activity. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 198: 113991.
- Katar, D., Can, M., Katar, N., 2020. Effect of different locations on essential oil content and chemical composition in lavandin (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.). *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*, 6(3): 546-553.
- Marinçaş, O., Feher, I., 2018. A new cost-effective approach for lavender essential oils quality assessment. *Industrial Crops and Products*, 125: 241-247.
- Moon T., Cavanagh H.M.A., Wilkinson J.M., 2004. Lavender as an antibacterial essential oil-are all lavenders equal. *Proceedings of AICA National Conference*, 16-17 September, Sydney, Australia, pp. 46.
- Pinto, J.E.B.P., Cardoso, J.C.W., De Castro, E.M., Bertolucci, S.K.V., De Melo, L.A., Dousseau, S., 2007. Morphophysiological aspects and essential oil content in brazilian-lavender as affected by shadowing. *Horticultural Brasileira*, 25(2): 210-214.
- Pokajewicz, K., Białon, M., Svydenko, L., Fedin, R., Hudz, N., 2021. Chemical composition of the essential oil of the new cultivars of *Lavandula angustifolia* Mill. Bred in Ukraine. *Molecules*, 26: 5681.
- Sales, A., Felipe, L.O., Bicas, J.L., 2020. Production, properties, and applications of α -terpineol. *Food and Bioprocess Technology*, 13: 1261-1279.
- Shellie, R., Mondello, L., Marriott, P., Dugo, G., 2002. Characterisation of lavender essential oils by using gas chromatography-mass spectrometry with correlation of linear retention indices and comparison with comprehensive two-dimensional gas chromatography. *Journal of Chromatography A*, 970: 225-234.
- Sintim, H.Y., Burkhardt, A., Gawde, A., Cantrell, C.L., Astatkie, T., Obour, A.E., Zheljzakov, V.D., Schlegel, V., 2015. Hydrodistillation time affects dill seed essential oil yield, composition, and bioactivity. *Industrial Crops and Products*, 63: 190-196.
- Smigielski, K., Prusinowska, R., Raj, A., Sikora, M., Wolińska, K., Gruska, R., 2011. Effect of drying on the composition of essential oil from *Lavandula angustifolia*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14(5): 532-542.
- Tomi, K., Kitao, M., Murakami, H., Matsumura, Y., Hayashi, T., 2018. Classification of lavender essential oils: sedative effects of Lavandula oils. *Journal of Essential Oil Research*, 30(1): 56-68.
- Topal, U., Sasaki, M., Goto, M., Otlis, S., 2008. Chemical compositions and antioxidant properties of essential oils from nine species of Turkish plants obtained by supercritical carbon dioxide extraction and steam distillation. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59: 619-634.
- Zeferino, R.C.F., Piaia, V.A.A., Orso, V.T., Pinheiro, V.M., Zanetti, M., Colpani, G.L., Padoin, N., Soares, C., Fiori, M.A., Riella, H.G., 2021. Synthesis of geranyl acetate by esterification of geraniol with acetic anhydride through heterogeneous catalysis using ion exchange resin. *Chemical Engineering Research and Design*, 168: 156-168.

Bibliometric profile of graduate theses regarding “Medical and aromatic plants” in Türkiye

Nadir Ersen^{a,*}, İlker Akyüz^b

Abstract: In this study, it is aimed to reveal the bibliometric profile of graduate (master's and doctorate) studies written on "Medical and Aromatic Plants" in Türkiye in terms of various criteria. For this purpose, the thesis search engine of the Council of Higher Education (CoHE) was searched with the keywords "medical and aromatic plants, aromatic plants and medical plants" in Turkish. As a result of the scanning, 149 graduate theses were identified and 7 of these theses are not open to access. Of the 142 theses, 118 are master's thesis, 23 are doctoral thesis, and 1 is a specialization in medicine. 42% of the graduate theses were conducted under the advisor of professors. The theses were written in many different universities and departments. It has been determined that biology is the subject most covered in graduate theses. Four graduate theses were written in English. 36% of the graduate theses used between 51-100 references. Foreign references were used more in the majority of theses. 77% of the theses were written in the range of 51-150 pages. Quantitative method was used as a method in the majority of theses. In terms of keywords, there is not keywords were used in 8 theses. The most frequently used keywords are medicinal plant(s), medicinal and aromatic plant(s) and aromatic plant(s), respectively. This study guides scientists who want to work on medicinal and aromatic plants.

Keywords: Bibliometrics, Doctoral, Medical and aromatic plants, Master

Türkiye'deki “Tıbbi ve aromatik bitkiler” konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik profili

Özet: Bu çalışmada, Türkiye'de "Tıbbi ve Aromatik Bitkiler" üzerine yazılan lisansüstü (yüksek lisans ve doktora) çalışmaların çeşitli kriterler açısından bibliyometrik profilinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Yükseköğretim Kurulu'nun (YÖK) tez arama motorunda Türkçe "tıbbi ve aromatik bitkiler, aromatik bitkiler ve tıbbi bitkiler" anahtar kelimeleri ile arama yapılmıştır. Yapılan tarama sonucunda 149 adet yüksek lisans tezi tespit edilmiş ve bu tezlerden 7'si erişime açık değildir. 142 tezin 118'i yüksek lisans tezi, 23'ü doktora tezi ve 1'i tıpta uzmanlık tezidir. Lisansüstü tezlerin %42'si profesörlerin danışmanlığında yürütülmüştür. Lisansüstü tezlerin farklı üniversite ve bölümlerde tamamlanmıştır. Lisansüstü tezlerinde en çok biyoloji konusunun işlendiği tespit edilmiştir. Tezlerden sadece dört adet yüksek lisans tezi İngilizce olarak yazılmıştır. Lisansüstü tezlerin %36'sında 51-100 arası referans kullanılırken, tezlerin çoğunluğunda yabancı referanslardan daha fazla yararlanıldığı belirlenmiştir. Tezlerin %77'si 51-150 sayfa aralığında yazılmıştır. Tezlerin büyük çoğunluğunda nicel yöntem kullanılmıştır. Anahtar kelime açısından 8 tezin özetinde anahtar kelime kullanılmamıştır. En sık kullanılan anahtar kelimeler ise sırasıyla tıbbi bitki(ler), tıbbi ve aromatik bitki(ler) ve aromatik bitki(ler)dir. Bu çalışma tıbbi ve aromatik bitkiler üzerinde çalışmak isteyen bilim insanlarına yol göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Bibliyometri, Doktora, Tıbbi ve aromatik bitkiler, Yüksek lisans

1. Introduction

A medicinal plant is any plant that contains substances in one or more of its organs that can be used for therapeutic purposes or are precursors in the synthesis of useful drugs (Sofowora et al., 2013). Aromatic plants are defined as plants that have a pleasant smell and taste. These two concepts, which differ in terms of function and use, have started to be mentioned together as medicinal and aromatic plants in recent years (Temel et al., 2018; Boztaş et al., 2021). Medicinal and aromatic plants are botanical raw materials, known as herbal medicines that mostly used for therapeutic, aromatic and/or culinary purposes (Devika,

2021). They are used for many purposes such as nutrition, sanitation, cosmetics, incense, taste, fragrance and spices (Pakdemirli et al., 2021).

There are 422 000 known flowering plant species in the world, and 72 000 of these are medicinal and aromatic plant species. The highest number of medicinal and aromatic plant species is China with 4 941, followed by India with 3 000, the USA with 2 564, Vietnam with 1 800, Malaysia with 1 200 and Indonesia with 1000 (Schippmann, et al., 2002; Schippmann, et al., 2006). More than 2 000 medicinal and aromatic plants are used for different purposes in Europe. The main source countries of these plants are Bulgaria, Poland, Hungary and Türkiye (Güney, 2019). Türkiye is

✉ ^a ArtvinÇoruh University, Artvin Vocational School, Department of Forestry, Artvin, Türkiye

^b Karadeniz Technical University, Forest Faculty, Department of Forest Industry Engineering, Trabzon, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): nadirersen20@artvin.edu.tr

✓ **Received** (Geliştirilme): 29.10.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 01.02.2024



Citation (Atıf): Ersen, N., Akyüz, İ., 2024. Bibliometric profile of graduate theses regarding "Medical and aromatic plants" in Türkiye. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 118-128. DOI: [10.18182/tjf.1382731](https://doi.org/10.18182/tjf.1382731)

very rich in terms of flora, with 174 families, 1251 genera and approximately more than 12 000 species and subspecies (Aktop and Çağatay, 2022). It is known that out of 500 plant species used in Türkiye and having economic importance, approximately 200 plant species have export potential (DOKAP, 2020).

In addition, medicinal and aromatic plants contribute to both the country's economy and the welfare of forest villagers. The annual market value of medicinal and aromatic plants in the world is approximately 110 billion USD and according to the World Health Organization (WHO) report, this value is estimated to be 5 trillion USD by 2050 (Çelik and Gül, 2022). China and India are the leading exporting countries (Karık and Tunçtürk, 2019). Thyme, poppy, anise, sage, red pepper and cumin are the most preferred medicinal and aromatic plants in world trade (Can, 2021). Türkiye exports medicinal and aromatic plants worth at least 100 million US dollars annually (Özkan, 2019). Medicinal and aromatic raw plants and processed semi-finished products are exported from Türkiye to nearly 100 countries. Among these countries, the USA, Canada, Vietnam, Germany, the Netherlands, Brazil, Italy, Belgium, France, Spain and Poland are at the top of the list. The medicinal and aromatic plants that Türkiye exports the most are thyme, bay leaf, cumin, anise, sage, carob, fennel, licorice and mint, respectively (DOKAP, 2020).

Universities are the most important institutions in acquiring scientific knowledge and ensuring the development of society. Scientific information produced as a result of research at universities contributes to the country socially and economically (Haydaroğlu, 2022; Yağmuroğlu and Per, 2022). The graduate education process contributes to these responsibilities of universities. Graduate education provided by universities contributes to the training of experts in a certain branch of science and future academics.

The studies carried out during postgraduate education have an important place in the production of scientific knowledge. Graduate theses reveal the development, change and trends of a subject in a certain field (Haydaroğlu, 2022).

The development and trends of an academic field can also be determined by analyzing the publications and graduate studies carried out in that field. Analyzing graduate theses written in a field allows us to have more detailed information about the depth and prevalence of that field. It also allows us to reveal the general view of the subject under investigation. Such studies are called bibliometric analysis in the literature (Karadağ, 2009; Inceoğlu, 2014). Bibliometric analysis is an approach that uses a range of quantitative methods to measure, track and analyze scientific literature. With bibliometric studies, publications by authors, prominent journals, methodologies used and results obtained are identified (Rojas-Sanchez et al., 2023).

As a result of the literature review, no study was found regarding the bibliometric profile of master's and doctoral theses published on medicinal and aromatic plants in the national literature. With this study, bibliometric analysis used in different subjects and disciplines will be applied to graduate theses on medicinal and aromatic plants in Türkiye. When the study is evaluated from this perspective, this deficiency in the literature will be tried to be eliminated and this study will support new research on medicinal and aromatic plants.

When studies using the bibliometric analysis method on documents in the field of medicinal and aromatic plants are examined in international literature, it is seen that the documents are mostly based on publications indexed in Web of Science or Scopus. Studies on the bibliometric analysis of documents (article, review, conference paper, book, etc.) published on medicinal and aromatic plants are summarized in Table 1.

Table 1. Some of the bibliometric analysis studies of documents on medicinal and aromatic plants in the literature

Author-year	Purpose of the study
Alarcon-Ruiz et al. (2023)	Scientific production of medicinal plants in the Latin American and Caribbean region was identified using bibliometrics and common word analysis for 14 397 articles published between 1970 and 2020. Data were retrieved from Web of Science, Scielo and LILACS databases.
Leechon and Kabmala (2023)	741 research articles published between 2004 and 2022 on medicinal plants for cosmetic purposes were examined using the bibliographic analysis method.
Trivedi et al. (2022)	The 100 most cited articles related to medicinal plants research are determined by the Web of Science database and a bibliometric analysis of 100 articles is performed using VOSviewer software.
Seo et al. (2022)	463 published articles on the use of herbal medicines in obesity research were analyzed using bibliometric method. For this research, the search terms "herbal" and "obesity" were used in the Web of Science database.
Rohit (2022)	The medicinal plant research results of Indian scientists from 2012 to 2021 were examined with scientometric analysis. 12 281 publications downloaded from the Scopus database were evaluated with Excel, Bibliometrix and VOSviewer.
Rahaman et al. (2021)	The research outputs of Indian researchers on medicinal plants from 1977 to 2020 were analyzed. 3 911 high quality academic publications were obtained from the Web of science database. Bibexcel, VOSviewer, and Biblioshiny (R Studio) software were utilized to analyze the data obtained Web of Science.
Salmeron-Manzano et al. (2020)	More than 100 000 studies on medicinal plants indexed in the Scopus database were analyzed using the bibliometric method.
Kulak (2018)	A bibliometric analysis of 113 documents containing the subjects of rural development and medicinal aromatic plants was carried out, and the data were retrieved from the Scopus database.
Singh et al. (2017)	In the research, 622 documents on the Tulsi plant, which is an aromatic shrub in the basil family Lamiaceae, were downloaded using Scopus database between 1914 and 2017 and their bibliometric analysis was carried out. .
Dissanayake (2015)	A scientometric analysis of the research conducted by a Sri Lankan researcher on medicinal plants was carried out using the Scopus database.
Thirumagal and Sivasubramanian (2014)	Studies conducted by Indian authors and institutions on medicinal and aromatic plants between 2008 and 2012 were examined from a bibliometric perspective. For this purpose, the necessary data was extracted from the Web of Science database.

2. Material and method

Document review data collection method, one of the qualitative research methods, was used to collect the data needed for the research. Bibliometric technique was used to analyze the data obtained by the document review method. The aim of the study is to determine the bibliometric properties of master's and doctoral theses published between 1995 and 2023, which have access to the Higher Education Institution National Thesis Center database on medicinal and aromatic plants. For this purpose, a search was made in the thesis search engine of the Council of Higher Education (YÖK) with the keywords "medicinal and aromatic plants, aromatic plants and medicinal plants" in Turkish. In the research, 149 graduate theses published between 1984 and 2023 constitute the population of the research. Graduate theses that cannot be accessed digitally through the National Thesis Center database are not included in the scope of research. In this respect, the sample of the research consists of 142 master's and doctoral theses with access permission. There is no access permission for 7 master's theses. The theses that do not have access permission were completed in 1984, 1993, 2000, 2001, 2002, 2005 and 2014. The data collection process of the research was carried out between 25 June and 5 July 2023. Thirteen parameters have been used in the bibliometric analysis of master's and doctoral theses in the field of medicinal and aromatic plants. The parameters used in the study are as follows; thesis type, thesis year, university, institute, department, subject of study, writing language, author gender, advisor gender, advisor title, number of pages, number of references, reference type, research method, keywords. In evaluating the data, frequency and percentage values were calculated with the help of the Excel program. Moreover, a word cloud was created using the RapidMiner program to determine the prominent words in the keywords used in the theses.

3. Results and discussion

In this section, graduate theses published in the field of medicinal and aromatic plants were examined within the scope of various parameters, and the findings obtained through bibliometric analysis were included. In the YÖK THESIS database, 142 theses prepared on medicinal and aromatic plants and which have access permission were identified. Of the 142 theses, 118 (83.1%) were prepared at the master's degree, 23 (16.2%) were prepared at the doctorate level, and 1 (0.7%) was prepared at the medical specialty level. This result is similar to some studies conducted on different subjects (Duran and Çelikkaya, 2019; Köşker, 2020; Özçoban, 2020). The distribution of the theses examined in the study according to certain year intervals is shown in Table 2. Considering at Table 2, it can be seen that there has been an increase in the number of master's and doctoral theses prepared in the field of medicinal and aromatic plants since 1995. The period in which the most master's and doctoral theses were produced is between 2018 and 2023. More than 70% of graduate theses on medicinal and aromatic plants have been completed in the last decade. When the articles on medicinal and aromatic plants are examined, it is seen that the interest in this subject has increased in recent years (Alarcon-Ruiz et al., 2023; Leechon and Kabmala, 2023).

The first master's thesis with access permission on medicinal and aromatic plants in Türkiye was completed in 1995. The title of the master's thesis completed in 1995 is "Economic and biosystematics research on some sweet-smelling (aromatic) plants around Lake Van". An increase and fluctuation has been observed in the number of master's theses since 2010. The most master's theses were completed in 2019 (19 theses). The first doctoral thesis on medicinal and aromatic plants was completed in 1998. The title of the doctoral thesis completed in 1998 is "The place of medicinal plants effective on the central nervous system in the historical process and in today's treatment", and in this thesis, some medicinal plants that affect the central nervous system are investigated with respect to their historical and modern usage in medicine. As presented Figure 1, the most doctoral theses were completed in 2022 (6 theses). In other years where doctoral theses were made, 1 or 2 theses were completed. In addition, one medical specialization thesis on medicinal and aromatic plants was completed in 2018.

Table 2. Distribution of graduate theses regarding certain year intervals

Year interval	Master		Doctoral		Medical Specialty	
	Frequency (f)	Percentage (%)	Frequency (f)	Percentage (%)	Frequency (f)	Percentage (%)
1995-1999	1	0.8	1	4.3	0	0.0
2000-2005	6	5.1	1	4.3	0	0.0
2006-2011	17	14.4	5	21.7	0	0.0
2012-2017	44	37.3	4	17.4	0	0.0
2018-2023	50	42.4	12	52.2	1	100
Total	118	100	23	100	1	100

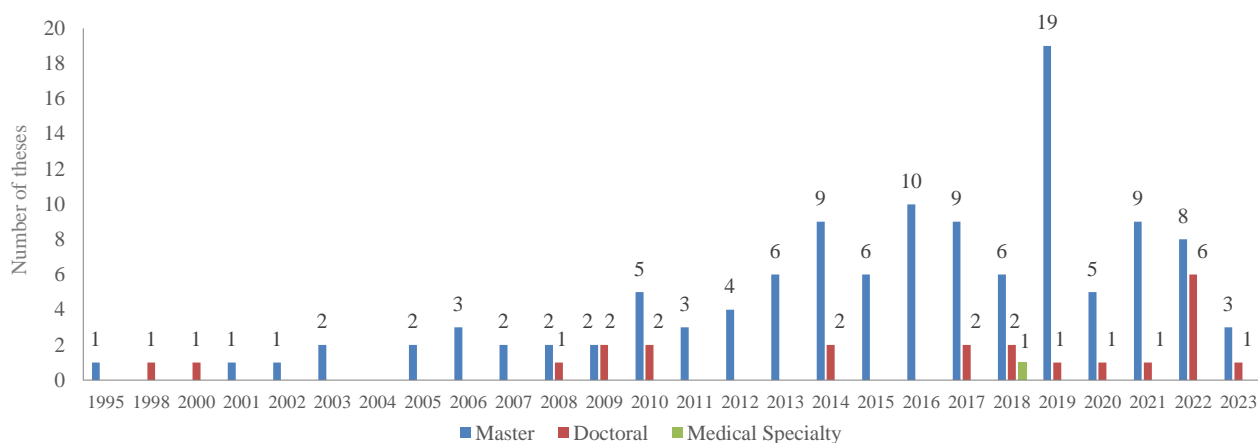


Figure 1. Distribution of postgraduate theses regarding years

Table 3 shows the distribution of graduate theses that have been prepared on medicinal and aromatic plants regarding universities. 118 master's theses on medicinal and aromatic plants have been prepared in 52 different universities and 23 doctoral theses have been prepared in 12 different universities. In addition, a medical specialization thesis on this subject was prepared at Trakya University. It has been seen that Selçuk University is the university where the highest number of master's theses (8) have been prepared on medicinal and aromatic plants, and it has been followed by Marmara University (7), Süleyman Demirel University (7), Kastamonu University (7), Ankara University (6) and Istanbul University (6). In addition, it has been that most of doctoral theses in the field medicinal and aromatic plants have been prepared in Çukurova University (5), and it has been followed by Ege University (4) and Fırat University (3). Approximately half of the doctoral theses on this subject have been prepared by these three universities. When the Web of Science database is examined, the universities that conduct the most research on medicinal and aromatic plants are Selçuk University, Ege University, Anadolu University, Çukurova University, Ankara University and Süleyman Demirel University (WOS, 2024).

When the Table 4 has been examined, the majority of master's theses (74.6%) on medicinal and aromatic plants have been prepared within the scope of universities' science and technology institutes. It has been followed by health sciences (16.9%), educational sciences (4.2%), social sciences (3.4%) and biotechnology institutes (0.8%). This result shows that master's theses are written in a wide variety of institutes on medicinal and aromatic plants. As with the master's theses, 21 of the 23 doctoral theses have been prepared within the scope of universities' science and technology institutes. Two doctoral theses have been also prepared within the scope of universities' health sciences institutes.

When the graduate theses shown in Table 5 have been examined for their departments, it has been seen that the subject of medicinal and aromatic plants has been examined under various departments. In total, the subject of medicinal and aromatic plants has been researched by 44 departments. This number provides the impression that there is diversity

within the departments and it emphasizes the multidisciplinary aspect of medicinal and aromatic plants. The department that conducts the most research is the biology department, with 30 theses. The department with the highest number of master's and doctoral theses on the subject of medicinal and aromatic plants is also the department of biology. In terms of master's theses, biology has been followed by chemistry, forest engineering, field crops and agricultural economics departments. The second ranked departments that prepared the most doctoral theses are food engineering and chemistry and they have prepared three theses each. Agricultural economics and animal science departments have prepared two theses each. Other departments that produced doctoral theses prepared one thesis each.

When the distribution of theses according to their study subjects is analyzed, it is seen in Table 6 that the topic of biology is mostly studied in master's theses. This is followed by agriculture, chemistry, botany and pharmacy and pharmacology. In doctoral theses, agriculture is the most studied topic, followed by biology, food and chemistry.

When the analysis of master's theses by advisor title is examined (Table 7), it is seen that 43 theses were supervised by academics with the title of professor, 31 theses by academicians with the title of associate professor, 21 theses by academics with the title of assistant professor, and 11 theses by academics with the title of doctor lecturer. 12 master's theses were conducted by double advisors. Considering the advisor title analysis in doctoral theses, it has been seen that 17 theses were supervised by an academician with the title of professor, 2 theses were supervised by an academician with the title of doctor lecturer, 1 thesis was supervised by an academician with the title of assistant professor, and 3 theses were supervised by double advisors. The medical specialization thesis has been also supervised by an academician with the title of professor. According to these data, the number of advisors with the title of professor is high in both doctoral theses and master's theses. An interesting result is that although the number of academics with associate professor titles who supervise master's theses is over 30, there is no associate professor academician who supervises doctoral theses.

Table 3. Distribution of graduate theses regarding universities

Universities	Master		Doctoral		Medical Specialty		Total	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Çukurova University	5	4.2	5	21.7	0	0.0	10	7.0
Harran University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
University of Health Sciences	2	1.7	0	0.0	0	0.0	2	1.4
Fırat University	3	2.5	3	13.0	0	0.0	6	4.2
Kahramanmaraş Sütçü İmam University	3	2.5	1	4.3	0	0.0	4	2.8
Kırşehir Ahi Evran University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
İstanbul University	6	5.1	2	8.7	0	0.0	8	5.6
Tekirdağ Namık Kemal University	4	3.4	1	4.3	0	0.0	5	3.5
Hatay Mustafa Kemal University	2	1.7	2	8.7	0	0.0	4	2.8
Çankırı Karatekin University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Bursa Uludağ University	1	0.8	1	4.3	0	0.0	2	1.4
İstanbul Topkapı University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Bilecik Şeyh Edebali University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Giresun University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
İstanbul Ayvansaray University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Burdur Mehmet Akif Ersoy University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Ege University	5	4.2	4	17.4	0	0.0	9	6.3
Selçuk University	8	6.8	0	0.0	0	0.0	8	5.6
Çanakkale Onsekiz Mart University	3	2.5	0	0.0	0	0.0	3	2.1
Ankara University	6	5.1	0	0.0	0	0.0	6	4.2
Marmara University	7	5.9	1	4.3	0	0.0	8	5.6
İstanbul Medipol University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Kocaeli University	2	1.7	0	0.0	0	0.0	2	1.4
Süleyman Demirel University	7	5.9	0	0.0	0	0.0	7	4.9
Gaziantep University	2	1.7	0	0.0	0	0.0	2	1.4
Düzce University	2	1.7	0	0.0	0	0.0	2	1.4
İstanbul University-Cerrahpaşa	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Artvin Çoruh University	4	3.4	0	0.0	0	0.0	4	2.8
İstanbul Aydın University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Dicle University	2	1.7	0	0.0	0	0.0	2	1.4
Van Yüzüncü Yıl University	2	1.7	0	0.0	0	0.0	2	1.4
Trakya University	1	0.8	0	0.0	1	100	2	1.4
Fatih Sultan Mehmet Foundation University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Tokat Gaziosmanpaşa University	0	0.0	1	4.3	0	0.0	1	0.7
Ondokuz Mayıs University	2	1.7	0	0.0	0	0.0	2	1.4
Balıkesir University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Bartın University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Kastamonu University	7	5.9	1	4.3	0	0.0	8	5.6
Muş Alparslan University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
KTO Karatay University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Bitlis Eren University	2	1.7	0	0.0	0	0.0	2	1.4
Afyon Kocatepe University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Karamanoğlu Mehmetbey University	2	1.7	0	0.0	0	0.0	2	1.4
Gazi University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Muğla Sıtkı Koçman University	2	1.7	0	0.0	0	0.0	2	1.4
Kütahya Dumlupınar University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Amasya University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Ordu University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Sivas Cumhuriyet University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Middle East Technical University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Adnan Menderes University	0	0.0	1	4.3	0	0.0	1	0.7
Karadeniz Technical University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Pamukkale University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Hacettepe University	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Total	118	100	23	100	1	100	142	100

Table 4. Distribution of graduate theses regarding institutions

Institutions	Master		Doctoral		Medical Specialty		Total	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Science and Technology	88	74.6	21	91.3	0	0.0	109	76.8
Health Sciences	20	16.9	2	8.7	0	0.0	20	14.1
Social Science	4	3.4	0	0.0	0	0.0	4	2.8
Graduate Education	5	4.2	0	0.0	0	0.0	5	3.5
Medical Faculty	0	0.0	0	0.0	1	100	1	0.7
Biotechnology	1	0.8	0	0.0	0	0.0	1	0.7
Total	118	100	23	100	1	100	142	100

Table 5. Distribution of graduate theses regarding departments

Departments	Master		Doctoral		Medical specialty		Departments	Master		Doctoral		Medical specialty	
	f	%	f	%	f	%		f	%	f	%	f	%
Biology	26	22	4	17.4	0	0.0	Medical microbiology	1	0.8	0	0.0	0	0.0
Agricultural economy	6	5.1	2	8.7	0	0.0	Pharmaceutical botany	4	3.4	0	0.0	0	0.0
Traditional and complementary medicine	1	0.8	0	0.0	0	0.0	History of science	1	0.8	0	0.0	0	0.0
Bioengineering and sciences	1	0.8	1	4.3	0	0.0	Geography	1	0.8	0	0.0	0	0.0
Molecular medicine	1	0.8	0	0.0	0	0.0	Family medicine	0	0.0	0	0.0	1	100
Pharmacology and toxicology	2	1.7	0	0.0	1	1	Aquaculture	1	0.8	1	4.3	0	0.0
The food engineering	4	3.4	3	13.0	0	0.0	Milk technology	0	0.0	1	4.3	0	0.0
Landscape architecture	3	2.5	0	0.0	0	0.0	Genetics and bioengineering	2	1.7	0	0.0	0	0.0
Biotechnology	1	0.8	1	4.3	0	0.0	Business	1	0.8	0	0.0	0	0.0
Gastronomy and culinary arts	3	2.5	0	0.0	0	0.0	Physical	2	1.7	0	0.0	0	0.0
Health and biomedical sciences	1	0.8	0	0.0	0	0.0	Forest industry engineering	1	0.8	0	0.0	0	0.0
Field crops	9	7.6	0	0.0	0	0.0	Agricultural machinery	3	2.5	1	4.3	0	0.0
Chemical Engineering	2	1.7	0	0.0	0	0.0	Pharmaceutical microbiology	1	0.8	0	0.0	0	0.0
Pharmacology	2	1.7	1	4.3	0	0.0	Energy systems engineering	2	1.7	0	0.0	0	0.0
Medical history and ethics	1	0.8	0	0.0	0	0.0	Soil science and plant nutrition	0	0.0	1	4.3	0	0.0
Tourism management	1	0.8	0	0.0	0	0.0	Molecular biology and genetics	1	0.8	0	0.0	0	0.0
Chemistry	11	9.3	3	13.0	0	0.0	Aquatic products	2	1.7	0	0.0	0	0.0
Aquaculture fishing technology	0	0.0	1	4.3	0	0.0	Agriculture engineering	1	0.8	0	0.0	0	0.0
Pharmacognosy	3	2.5	0	0.0	0	0.0	Basic biotechnology	1	0.8	0	0.0	0	0.0
Forest engineering	11	9.3	0	0.0	0	0.0	Animal science	0	0.0	2	8.7	0	0.0
Plant protection	1	0.8	0	0.0	0	0.0	Deontology and history of medicine	1	0.8	1	4.3	0	0.0
Nutrition and dietetics	1	0.8	0	0.0	0	0.0	Total	118	100	23	100	1	100
Analytical chemistry	1	0.8	0	0.0	0	0.0							

Table 6. Distribution of graduate theses according to their topics

Topics	Master	Doctoral	Medical specialty	Total
Biology	26	4	0	29
Agriculture	20	7	0	27
Dentistry	1	0	0	1
Biochemistry	5	0	0	5
Veterinary medicine	1	0	0	1
Landscape architecture	3	0	0	3
Gastronomy and culinary arts	3	0	0	3
Biotechnology	2	1	0	3
Healthcare education	1	0	0	1
Food Engineering	4	4	0	8
Chemical Engineering	2	0	0	2
Pharmacy and Pharmacology	7	1	0	8
Deontology and history of medicine	2	1	0	3
Nutrition and dietetics	2	0	0	2
Chemical	10	3	0	13
Economy	1	0	0	1
Botanical	8	0	0	8
Microbiology	2	0	0	2
Forestry and forest engineering	7	0	0	7
Geography	1	0	0	1
Bioengineering	3	0	0	3
Business	1	0	0	1
Physics and physics engineering	2	0	0	2
Energy	2	0	0	2
Aquatic products	2	2	0	2
Family medicine	0	0	1	1

*The first subjects of theses stating more than one subject were taken into consideration.

Table 7. Distribution of graduate theses regarding academic title of their advisors

Academic title	Master	Doctoral	Medical specialty
Assistant professor	21	1	0
Doctor lecturer	11	2	0
Associate professor	31	0	0
Professor	43	17	1
Professor and Assistant professor	1	0	0
Professor and Doctor lecturer	0	1	0
Professor and Associate professor	1	0	0
Associate professor and Professor	1	0	0
Associate professor and Associate professor	1	1	0
Assistant professor and Professor	0	0	0
Doctor lecturer and Professor	2	0	0
Assistant professor and Assistant professor	1	0	0
Doctor lecturer and Doctor lecturer	3	0	0
Professor and Professor	2	1	0
Total	118	23	1

The evaluation of theses in terms of writing languages is shown in Figure 2. 115 of the 118 master's theses prepared on medicinal and aromatic plants were written in Turkish, while 3 master's theses were written in English. Only one of the doctoral theses was written in English. The medical specialization thesis was also written in Turkish. In total, 97% of the graduate theses were written in Turkish. In other words, the majority of both master's and doctoral theses were written in Turkish.

When the distribution of authors who write graduate theses in the field of medicinal and aromatic plants in terms of gender is investigated, while the superiority of female researchers has been seen in master's theses, the superiority of male researchers has been seen in doctoral theses. In addition, the only thesis in the field of medical specialization was carried out by a female researcher (Figure 3). According to Figure 4, it has been seen that the number of male advisors is higher in both master's and doctoral theses.

When Figure 5 has analyzed, it has been seen that in master's studies, there are 64 theses with pages between 51-100, 32 theses with pages between 101-150, 16 theses with pages over 150 and 6 theses with pages 50 and below. In doctoral studies, there are 12 theses with pages between 101-150, 7 theses with pages between 151-200 and 4 theses with pages over 200. No doctoral thesis has been written 100 and below pages. In addition, a 114-page medical specialization thesis was written. While the longest master's thesis written on medicinal and aromatic plants consists of 265 pages and the shortest master's thesis consists of 32 pages, the longest doctoral thesis consists of 271 pages and the shortest doctoral thesis consists of 114 pages. Finally, while the average of pages of master's theses is 102, the average of pages of doctoral theses is 166.

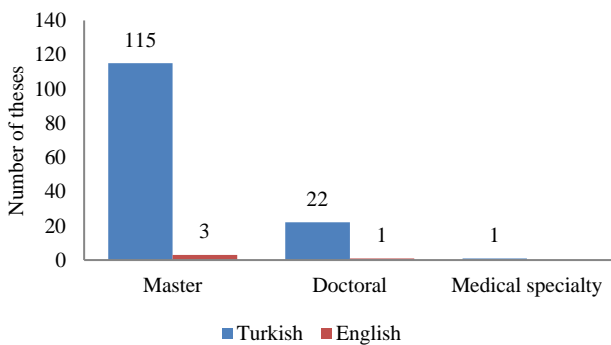


Figure 2. Distribution of graduate theses regarding language

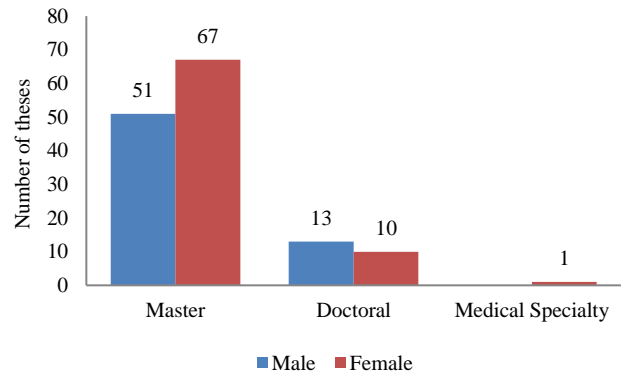


Figure 3. Distribution of graduate theses regarding gender of authors

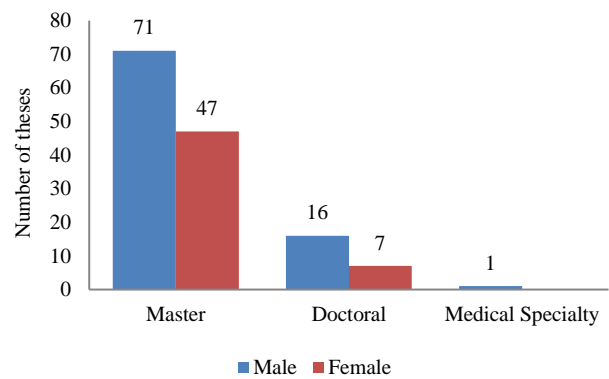


Figure 4. Distribution of graduate theses regarding gender of advisors

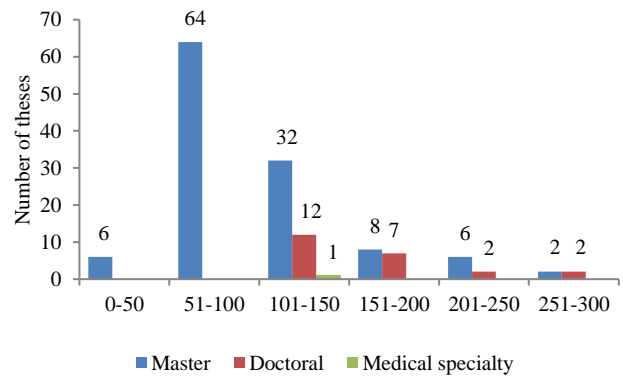


Figure 5. Distribution of graduate theses regarding page numbers

Results regarding reference numbers of the master's and doctoral theses have been given Figure 6. When Figure 6 has examined, in master's studies, there are 48 theses that used between 51-100 references, 28 theses that used between 101-150 references, 24 theses that used 50 and below references and 17 theses that used over 150 references. The bibliography of one master's thesis was not available. In doctoral studies, there are 6 theses that used between 101-150 references, 5 theses that used between 151-200 references, 5 theses that used over 300 references, 4 theses that used between 201-300 references and 3 theses that used 51-100 references. There are no doctoral theses that use fewer than 50 references. The type of thesis that uses the most (464) and least references (17) is the master's thesis. While the average of reference numbers of master's theses is 99, the average of reference numbers of doctoral theses is 204. Moreover, there is no reference section in a thesis.

In addition, the types of references used in these were also analyzed in the study. When the data in Table 8 is examined, it is determined that foreign reference is used more in 60% and 87% of master's and doctoral theses, respectively, and Turkish reference is used more in 40% and 13%, respectively. The use of foreign reference was also higher in medical specialization thesis. According to all of the theses examined within the scope of the study, it is seen that foreign references are used more in the majority of theses.

As seen in Table 9, experimental research has mostly been used in master's and doctoral theses on medicinal and aromatic plants. The use of experimental methods in research may be due to the fact that these are mostly prepared in science institutes. Moreover, in the theses, surveys, secondary data, interview technical and observation technical were used.

Considering the distribution of graduate theses according to the number of keywords, keywords were not used in eight of the master's theses. Four or five keywords were used in most master's and doctoral theses. While two keywords were used in two master's theses, twelve keywords were used in one master's thesis. In doctoral theses, a maximum of nine keywords were used (Table 10).

Table 8. Type of references used in theses

References type	Master		Doctoral		Medical specialty		Total	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Foreign	70	0.60	20	0.87	1	100	91	0.65
Turkish	47	0.40	3	0.13	0	0	50	0.35
Total	117	100	23	100	1	100	141	100

Table 9. Distribution of graduate theses regarding research methods

Research methods	Master		Doctoral		Medical Specialty	
	f	%	f	%	f	%
Questionnaire	11	9.3	1	4.3	0	0.0
Experimental studies	69	58.5	14	60.9	0	0.0
Secondary data	11	9.3	1	4.3	1	100
Mixed techniques	27	22.9	7	30.4	0	0.0
Total	118	100	23	100	1	100

Table 10. Distribution of graduate theses regarding number of keywords

Number of keywords	Master		Doctoral		Medical Specialty	
	f	%	f	%	f	%
No keyword	8	6.8	0	0.0	0	0.0
2	2	1.7	0	0.0	0	0.0
3	16	13.6	1	4.3	0	0.0
4	31	26.3	8	34.8	1	100
5	32	27.1	8	34.8	0	0.0
6	12	10.2	2	8.7	0	0.0
7	4	3.4	1	4.4	0	0.0
8	6	5.1	2	8.7	0	0.0
9	4	3.4	1	4.4	0	0.0
10	2	1.7	0	0.0	0	0.0
12	1	0.8	0	0.0	0	0.0

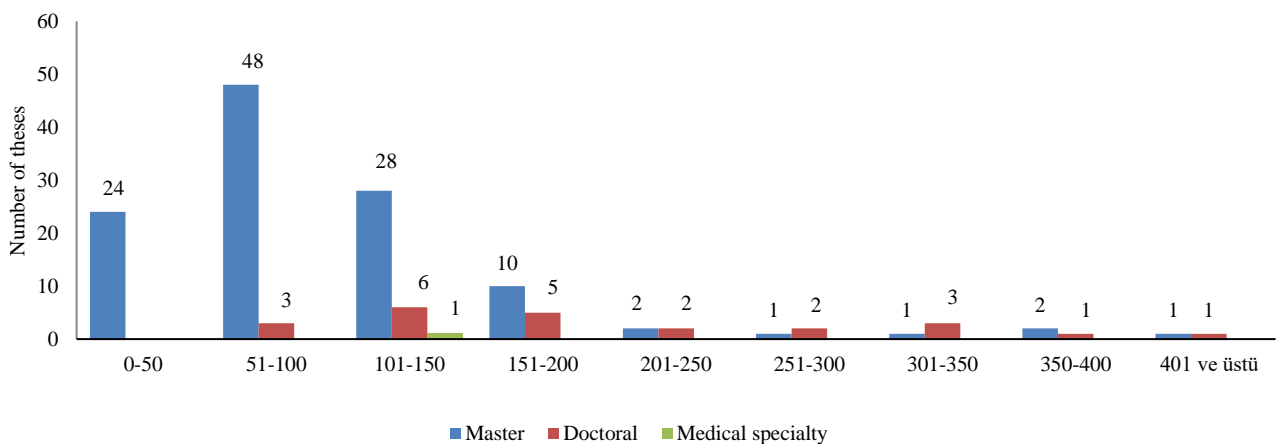


Figure 6. Distribution of graduate theses regarding reference numbers

The most frequently used keywords in master's and doctoral theses are shown in Table 11. In addition, word clouds were created for both master's theses and doctoral theses using the frequency distributions of the most frequently used keywords in theses and word clouds are given in Figures 7 and 8. When Table 11, Figures 7 and 8 are examined, the prominent keywords are medicinal plant(s) (38), medicinal and aromatic plant(s) (24), aromatic plants (12), essential oils (11), herbalist (6), antioxidant activity (6) and drying (6), whereas the prominent keywords in doctoral theses are medicinal and aromatic plants (5), medicinal plants (4), essential oils (3), aromatic plant(s) (3), heavy metal (2) and antimicrobial activity (2). Three hundred and ninety-seven different keywords were used in master's theses and ninety seven different keywords were used in doctoral theses. The most often used keyword was medicinal plants in studies conducted by Kulak (2018), Rahaman et al. (2021), Rohit (2022) and Trivedi et al. (2022) and the results are similar to this study.

Table 11. The most frequently used keywords in master's and doctoral theses

Keywords	Number of word in master theses	Number of word in doctoral thesis
Medicinal plant(s)	38	4
Medicinal and aromatic plant(s)	24	5
Aromatic plants	12	3
Essential oils	11	3
Herbalist	6	0
Antioxidant activity	6	2
Drying	6	0
DPPH	5	0
Antimicrobial activity	5	2
Antimicrobial effect	4	0
Salvia	4	0
Rosemary	4	0
Thyme	4	0
Ethnobotany	4	0
Antioxidant	3	0
Origanum onites L.	3	0
Mint	3	0
Phytotherapy	3	0
Functional food	3	0
Fennel	3	0
Drugs	3	0
Extraction	3	0
Heavy metal	0	2

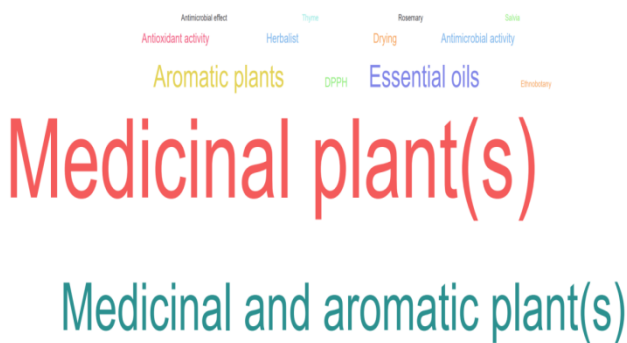


Figure 7. Word cloud of keywords used more than three times in master's theses

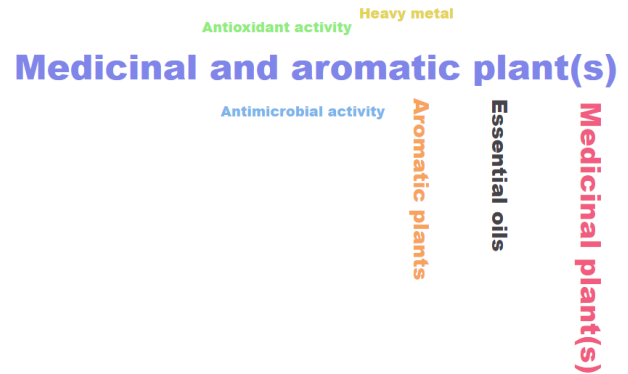


Figure 8. Word cloud of keywords used more than one times in doctoral theses

Conclusions

In Türkiye, there is no study on bibliometric analysis of theses on medicinal and aromatic plants. The fact that theses in the field of medicinal and aromatic plants are examined from a bibliometric perspective reveals the originality of the study.

When the distribution of postgraduate theses is examined by years, it is seen that 78% of the theses were published in the last 10 years and 2019 (n = 20) was the year in which the most theses were prepared. After the Covid-19 disease, the demand for medicinal and aromatic plants is increasing day by day. Therefore, it is thought that more master's and especially doctoral studies will be conducted to raise awareness on this issue.

It has been seen that master's and doctoral theses on medicinal and aromatic plants has been generally prepared in well-established universities and different institutes and departments. The existence of studies in the field of medicinal and aromatic plants in different institutes and departments emphasizes the multidisciplinary aspect of the subject of medicinal and aromatic plants.

It is a remarkable result that graduate thesis studies on medicinal and aromatic plants are not carried out sufficiently in the departments of forest engineering and forest industry engineering, and especially that doctoral studies are not conducted at all. Master's and doctoral programs on medicinal and aromatic plants can be opened in universities that specialize in forestry and medicinal and aromatic plants in order to increase thesis studies.

The majority of theses on medicinal and aromatic plants were written in Turkish. Therefore, the number of theses written in English can be increased in order to increase the recognition of the theses studies on this subject in Türkiye throughout the world. Although the number of theses written in Turkish is high, it has been observed that the use of foreign references is higher than the use of Turkish references in graduate theses on medicinal and aromatic plants.

When graduate theses are examined according to their topics, it is seen that biology and agriculture are the topics most frequently covered, respectively. While the topics of study in theses on medicinal and aromatic plants varied in the first years, it can be seen that studies have been carried out especially on biology and agriculture topics in the last five years.

While there is a significant difference in master's theses in terms of the gender of the authors, there is no significant difference in doctoral theses. In terms of the gender of the advisors, there is a significant difference in both master's and doctorate theses.

Although both doctoral and master's studies are generally carried out by professors, it is a remarkable result that 12% of these are carried out by double advisors. Finally, it has been seen that quantitative research methods are preferred in thesis studies on medicinal and aromatic plants and the data were generally obtained as a result of experiments. It is seen that in the first years, data was generally obtained as a result of experiments. Although the experimental technique has generally been used as a data collection tool in the last five years, it is seen that the survey technique has been used more in the last five years, as theses have been made on the use, market structure, consumer behavior and economy of medicinal and aromatic plants.

The limitation of this study is that only open access graduate theses determined by scanning the keywords "medicinal and aromatic plants", "medicinal plants" and "aromatic plants" in Turkish and English at the National Thesis Center of the Council of Higher Education (YÖK) are used. Different theses can be accessed by typing the names of the plants within the scope of medicinal and aromatic plants into the search engine of the YÖK national thesis center. Moreover, the variety of parameters used in bibliometric analysis can be increased. Such studies on medicinal and aromatic plants can be repeated at certain periods. Bibliometric analysis of studies of medicinal and aromatic plants published in national journals and conference books can be done. The documents published in journals, books and congress books and thesis studies on medicinal and aromatic plants can be analyzed and compared bibliometrically. It is expected that this study will not only contribute to the literature, but will also guide researchers who want to study medicinal and aromatic plants.

References

- Aktop Y., Çağatay İ. T., 2022. Usage areas of medicinal and aromatic plants *Origanum* species in aquaculture. *Menba Journal of Fisheries Faculty* 8(2): 114-121.
- Alarcon-Ruiz, C.A., Maguiña, J.L., Apolaya-Segura, M., Carhuapoma-Yance, M., Aranda-Ventrura, J., Herrera-Añazco, P., 2023. Bibliometric analysis of medicinal plants' original articles from Latin America and the Caribbean Region. *Journal of Scientometric Research* 12(1): 79-91.
- Boztaş, G., Avcı, A.B., Arabacı, O., Bayram, E., 2021. Economic status of medicinal and aromatic plants in Turkey and in the world. *Theoretical and Applied Forestry* 1(1): 27-33.
- Can, Ş., 2021. Investigation of the factors affecting medicinal and aromatic plant production by statistical techniques and estimation of the production. *International Review of Economics and Management* 9(1): 80-92.
- Çelik, A., Gül, A., 2022. Determining marketing organization efficiency and producer satisfaction in medicinal and aromatic plants in the Hatay province. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 25(6): 1465-1478.
- Devika, M., 2021. An overview of medicinal and aromatic plants. *Medicinal and Aromatic Plants (Los Angeles)*, 10: 387.
- Dissanayake, H.N.K., 2015. Medicinal plant research in Sri Lanka: a scientometric study based on Scopus database. *COLLNET Journal of Scientometrics and Information Management* 9(2): 225-234.
- DOKAP, 2020. Dokap bölgesinde tıbbi ve aromatik bitki yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması projesi: Eğitim kitabı. https://www.dokap.gov.tr/Upload/General/tibbi-ve-aromatik-bitkilerin-uretiminin-yayginlastirilmasi-projesi-egitim-kitabi-2020-pdf-242112-rd_52.pdf, Access: 15.10.2023
- Duran, G., Çelikkaya, S., 2019. Bibliometric analysis of postgraduate theses performed on logistic in Turkey. *Gaziantep University International E-Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences in Işlahiye*, 3(3): 152-167.
- Güney, O.I., 2019. Consumption attributes and preferences on medicinal and aromatic plants: a consumer segmentation analysis. *Ciencia Rural*, 49(5): 1-10.
- Haydaroglu, C., 2022. Bibliometric analysis of graduate theses written on unemployment. *Turkish Studies-Economics, Finance, Politics*, 17(2): 281-301.
- İnceoğlu, Ç., 2014. Ten years (2002-2011) of film studies literature in Turkey: a bibliometric analysis. *Journal of Selçuk Communication*, 8(3): 182-200.
- Karadağ, E., 2009. A thematic analysis on doctoral dissertations made in the area of education sciences. *Kırşehir Education Faculty Journal*, 10(3): 75-87.
- Karık, Ü., Tunçtürk, M., 2019. Production, trade and future perspective of medicinal and aromatic plants in Turkey. *ANADOLU Journal of Aegean Agricultural Research Institute*, 29 (2): 154-163.
- Köşker, H., 2020. Bibliometric analysis of postgraduate theses written on geographical indications. *Journal of Humanities and Tourism Research*, 10(4): 775-787.
- Kulak, M., 2018. Bibliometric analysis of studies in medicinal and aromatic plants for rural development. *Proceedings of the 17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, 23-25 May, Jelvaga, Latvia, pp. 1253-1259.
- Leechon, Y., Kabmala, M., 2023. A bibliometric analysis of research studies on medicinal plants for cosmetics. *Journal of Library and Information Science Srinakharinwirot University*, 16(1): 45-54.
- Özçoban, E., 2020. Bibliometric analysis of postgraduate and PHD dissertations in the field of faith tourism in Turkey (1998-2019). *Turkish Studies – Social Sciences* 15(3): 1363-1375.
- Özkan, O., 2019. Researches on demand of non-wood forest products used for medicinal purposes: a case of Istanbul. *Master's Thesis, Istanbul University-Cerrahpaşa Graduate Education Institute, Istanbul*.
- Pakdemirli, B., Birişik, N., Akay, M., 2021. General overview of medicinal and aromatic plants in Turkey. *ANADOLU Journal of Aegean Agricultural Research Institute*, 31(1): 126-135.
- Rahaman, M.S., Ansari, K.M.N., Tewari, L., Shah, K., 2021. A bibliometric study of Indian medicinal plant research: an analysis of quality research papers based on the web of science. *Qualitative and Quantitative Methods in Libraries*, 10(4): 505-530.
- Rohit., 2022. Indian medicinal plant research during the last decade (2012-2021): a scientometric analysis. *Research Review International Journal of Multidisciplinary*, 7(8): 8-15.
- Rojas-Sanchez, M.A., Palos-Sanchez, P.R., Folgado-Fernandez, J.A., 2023. Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education. *Education and Information Technologies*, 28:155-192.
- Schippmann, U., Leaman, D.J., Cunningham, A.B., 2002. Impact of cultivation and gathering of medicinal plants on biodiversity: global trends and issues. *Inter-Departmental Working Group on Biological Diversity for Food and Agriculture, Roma*.

- Schippman, U., Leaman, D.J., Cunningham, A. B., 2006. A comparison of cultivation and wild collection of medicinal and aromatic plants under sustainability aspects. In: Medicinal and Aromatic Plants. Proc. Frontis Workshop on Medicinal and Aromatic Plants (Eds. Bogers, R.J., Craker, L.E., Lange, D.), Springer, Netherlands, pp. 75-95.
- Salmerón-Manzano, E., Garrido-Cardenas, J.A., Manzano-Aguilario, F., 2020. Worldwide research trends on medicinal plants. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17: 3376.
- Seo, Y., Park, H.S., Kim, H., Kim, K.W., Cho, J.H., Chung, W.S., Song, M.Y., 2022. A bibliometric analysis of research on herbal medicine for obesity over the past 20 years. *Medicine (Baltimore)*, 101(23): e29240.
- Singh, S., Mishra, R., Munjal, N., Soni, V.M., 2017. Publication trends on Holy Basil (Tulsi): A bibliometric study. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 4(12): 129-132.
- Sofowora, A., Ogunbodede, E., Onayade, A., 2013. The role and place of medicinal plants in the strategies for disease prevention. *Afr J Tradit Complement Altern Med.*, 10(5): 210-229.
- Temel, M., Tınmaz, AB., Öztürk, M., Gündüz, O., 2018. Dünya’da ve Türkiye’de tıbbi-aromatik bitkilerin üretimi ve ticareti. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21 (Özel Sayı): 198-214.
- Thirumagal, A., Sivasubramanian, S., 2014. Bibliometric analysis medicinal and aromatic plants research. *Library Philosophy and Practice (ejournal)*: 1129.
- Trivedi, G., Gupta, N.K., Kumar, V., Ramanathan, T., Bharadwaj, A., Gupta, S.K., Noviar, R.A., Kumar, A., 2022. Top 100 most cited papers on medicinal plants research: a bibliometric review. *International Journal of Health Sciences*, 6(S1): 5475-5491.
- WOS, 2024. Web of sciences database, <https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>, Accessed: 20.01.2024
- Yağmuroğlu D., Per E., 2022. Bibliometric analyses of Turkish postgraduate theses on mammalian animals. *Journal of Higher Education and Science*, 12(1): 133-147.

Investigations of the spatial and climate characteristics of natural pure chestnut (*Castanea sativa* Mill.) forests: A case of Zonguldak Regional Directorate of Forestry

Hasan Aksoy^{a,*} 

Abstract: Chestnuts with high economic and socio-cultural value (*Castanea sativa* Mill.) must determine forests' spatial and climatic characteristics to improve them, increase fruit yield, and effectively combat diseases and pests. This study aimed to determine the spatial and climatic attributes of pure chestnut forests spreading within the borders of the Zonguldak Forestry Regional Directorate. A total of six criteria were used for spatial and climatic analyses: total precipitation (mm/year), annual mean temperature (C°), wind speed (m/s), altitude (m), slope (%), and aspect (°). Climate values were calculated as maximum, minimum, and average values, respectively; 1 619.25, 866.95, and 1 024.07 mm/year for total precipitation (mm/year), 13, 6 and 11.76 C° for annual mean temperature (C°), 6.62, 0.22 and 2.46 m/s for wind speed (m/s). The spatial characteristics were calculated as 1 221.68, 33.24, and 300.23 m for the height (m), 32.43%, 7.34%, and 18.63% for the slope (%) and finally, 338.63°, 18.18° and 184.18° for the angle (°), respectively, in terms of maximum, minimum and average values. Bartın Forest Management Directorate (FMD) ranks first with 57.18% of the natural chestnut forests spread the most in the study area, while Zonguldak FMD ranks second with 21.45% and Ulus FMD ranks third with 17.13%. The results obtained from the study based on the location and climate will contribute to the selection of the most suitable place for the new chestnut forest afforestation studies to be established and increase the percentage of success.

Keywords: Natural forests, GIS, Spatial analysis, Pure forests, Ecology

Doğal saf kestane (*Castanea sativa* Mill.) ormanlarının mekansal ve iklimsel özelliklerinin araştırılması: Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü örneği

Özet: Ekonomik ve sosyo-kültürel değeri yüksek olan kestane (*Castanea sativa* Mill.) ormanlarının iyileştirilmesi, meyve veriminin artırılması, hastalık ve zararlılar ile etkin bir şekilde mücadele edilebilmesi açısından, mekansal ve iklimsel özelliklerinin belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarında yayılış gösteren saf kestane ormanlarının mekansal ve iklimsel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Mekansal ve iklimsel analizler için toplam altı kriter kullanıldı: toplam yağış (mm/yıl), yıllık ortalama sıcaklık (C°), rüzgâr hızı (m/s), yükseklik (m), eğim (%) ve bakı (°). İklim değerleri maksimum, minimum ve ortalama değer olarak sırasıyla; toplam yağış (mm/yıl) için 1 619,25, 866,95 ve 1 024,07 mm/yıl, sıcaklık (C°) için 13, 6 ve 11,76 C°, rüzgâr hızı (m/s) için ise 6,62, 0,22 ve 2,46 m/s olarak hesaplandı. Mekansal özellikler maksimum, minimum ve ortalama değer cinsinden sırasıyla; yükseklik (m) için 1 221,68, 33,24 ve 300,23 m, eğim (%) için 32,43%, 7,34% ve 18,63% ve son olarak bakı (°) için 338,63°, 18,18° ve 184,18° olarak hesaplandı. Çalışma alanında doğal kestane ormanları en fazla yayılışını 57,18% ile Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'nde (OİM), Zonguldak OİM %21,45 ile ikinci ve 17,13% ile Ulus OİM üçüncü sırada yer almıştır. Çalışmadan elde edilen mekâna ve iklime dayalı sonuçlar yeni tesis edilecek kestane ormanı ağaçlandırma çalışmalarında en uygun yerin seçilmesine ve başarı yüzdesinin artırılmasına katkı sunabilecektir.

Anahtar kelimeler: Doğal ormanlar, CBS, Mekansal analiz, Saf ormanlar, Ekoloji

1. Introduction

Forests are one of the natural resources that can produce many products and services that society directly or indirectly benefits from within the natural process. Forests are the insurance for the future of the whole world, primarily because of their role in slowing down and preventing global and environmental disasters, which have made their impact and severity felt in recent years (Kaptan, 2018; Aksoy, 2022). From the beginning of human history to today, forest resources have been utilized primarily to meet the need for

wood raw materials. At the same time, the form and intensity of utilization have changed over time. Population growth, rapid industrialization and the need for raw materials are increasing the danger of deforestation in a widespread manner (Allen and Barnes, 1985; Aksoy, 2023). As a requirement of sustainable forest management, it is necessary to reduce the pressure on forests and expand forest areas by encouraging the utilization of forests not only based on wood raw materials but also for other benefits and functions (Swamy et al., 2018; Sabir et al., 2022; Aksoy, 2023).

✉ ^a Sinop University, Vocational School of Ayancık, Department of Forestry, Program of Forestry and Forest Products, Sinop, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): haksoy@sinop.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 27.10.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 08.02.2023



Citation (Atf): Aksoy, H., 2024. Investigations of the spatial and climate characteristics of natural pure chestnut (*Castanea sativa* Mill.) forests: A case of Zonguldak Regional Directorate of Forestry. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 129-135.

DOI: [10.18182/tjf.1382406](https://doi.org/10.18182/tjf.1382406)

From the past to the present, people have continued to utilize forests and forest resources irregularly, considering them as inexhaustible natural resources, and this way of utilization has caused deterioration in the forest ecosystem and destruction of the natural environment. Because of the durability and value of its fruit and wood, this species of chestnut, which continues to exist especially in Anatolia, continues to suffer from deterioration and destruction due to indiscriminate exploitation. The chestnut species, which originated approximately 60 million years ago, have rendered ecological services and catered to human resource requirements for millennia within various forest ecosystems and civilizations spanning three continents, namely Europe, Asia, and North America. (Mellano et al., 2012; Bonsignore et al., 2019; Pollegioni et al., 2020; Clark et al., 2023). In our country, the Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) is a tree species that naturally spreads from the Bulgarian border to the Black Sea around Northern Anatolia to Western Anatolia and the Marmara region (OGM, 2013).

In particular, unlike the utilization of the wood of the Anatolian chestnut tree (timber, firewood, etc.), it is mainly utilized for fruit production. The Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) differs from other chestnut species (Conedera et al., 2004; Krebs et al., 2022). Edible Anatolian chestnut fruits exhibit a nutritional composition consisting of 5% protein, 5% fat, 40-50% carbohydrates, 40-50% moisture content, and 1.5-2% clay. These fruits are also rich in a variety of vitamins, including vitamins A, B1, B2, B3, B6, and E, and essential minerals such as calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), manganese (Mn), phosphorus (P), sodium (Na), and zinc (Zn). Notably, they possess a high vitamin C content as well. Furthermore, these chestnut fruits are subjected to a diverse range of processing methods, creating approximately 150 distinct products. These processed derivatives encompass items such as candied chestnuts, chocolate-coated chestnuts, chestnut cream, and puree, contributing to their value and versatility. (Barreira et al., 2020; De Vasconcelos et al., 2010; Dinis et al., 2012; Serdar et al., 2018). However, over the years, wood and fruit yields have decreased in chestnut areas destroyed by human hands and by pests and diseases. In addition, especially in recent years, the possible effects of climate change on different ecosystems and life communities have also negatively affected chestnut forests (Çobanoğlu et al., 2023). Today, to improve chestnut forests, which have high economic value, to increase wood quality, and fruit yield, and to ensure that diseases and pests can be combated, the growing environment must first be analyzed well (Çepel, 1995; Büber, 2021).

Topography is the first of these factors that constitute the growing environment; it consists of landform (relief), slope, aspect, location, and height above sea level and affects climate and vegetation. The second factor; which is the climate factor, is formed by examining atmospheric events such as wind, precipitation, temperature, humidity, and frost, and revealing the relationships between them. To comprehend the conditions of the growth environment and its occurrences, it is imperative to scrutinize and interpret the

constituent elements that constitute the growth environment (Büber, 2021). Distinctive characteristics of growing environment units are important in growing environment classification. Inventory of the growing environment differs for each tree species and is labor and time-intensive. In recent years, with technological and software developments, researchers have focused on research methods that can be an alternative to classical methods.

One of these methods is Geographic Information Systems (GIS). GIS is used effectively in many fields of science. Susam and Oğuz (2006), the importance of slope and aspect in agriculture, Sönmez and Sarı (2004), land use planning, Karabulut and Küçükönder (2008), erosion risk areas, Aksoy (2023), GIS was employed to delineate regions that are conducive to chestnut afforestation.

In this study, the improvement and expansion of pure Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) stands within the borders of the Zonguldak Regional Directorate of Forestry, and the control of diseases and pests. It aims to determine the distribution areas and some of the growing environment characteristics of Anatolian chestnuts to help issues such as contributing to the national economy, contributing to the national economy, and making the best use of existing chestnut areas.

2. Material and method

2.1. Material

2.1.1. Study area

The study was conducted within the Zonguldak Regional Directorate of Forestry (RDF) boundaries. The study area is located between 31° 17' 33" and 32° 17' 25" east longitude and 41° 03' 21" and 41° 35' 29" north parallel (Figure 1). Of the forests, 70% are broadleaves, 30% are coniferous and coniferous+ broadleaves trees. The dominant tree species in the forests are mainly beech (*Fagus*), followed by fir (*Abies nordmanniana*), oak (*Quercus L.*), larch (*Pinus nigra Arnold.*), hornbeam (*Carpinus*), yellow pine (*Pinus sylvestris*), chestnut (*Castanea sativa*), red pine (*Pinus brutia Ten.*), aspen (*Populus tremula*), sycamore (*Platanus orientalis L.*), linden (*Tilia*), coastal pine (*Pinus pinaster*), elm (*Ulmus*), and many other tree and shrub species (OGM, 2021).

2.1.2. Data

In the study, six criteria were used to determine the spatial and climatic characteristics of chestnut areas. These are slope, precipitations, aspect, wind speed, evolution, and temperature. A digital elevation model (DEM) was used to create slope, aspect, and evolution maps of the study area. DEM was obtained from the ALOS-PALSAR satellite image. Wind speed was obtained from wind data obtained from the official website of climatedata. Zonguldak RDF forest cover type map were used to determine the spatial distribution of chestnut areas.

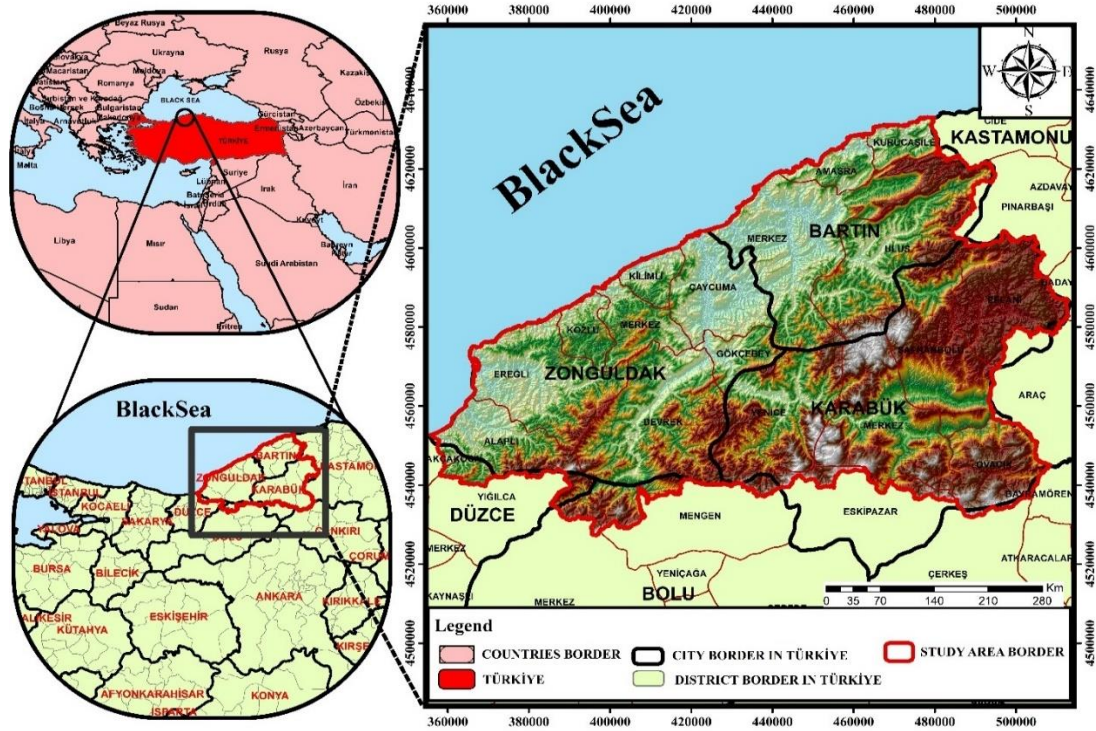


Figure 1. Geographic location of the study area

2.2. Method

In the study, firstly, chestnut distribution areas were extracted using the Zonguldak RDF forest cover type map. Then, areal distribution amounts were determined based on province, district, forest management directorate, and forest planning units. In the second stage, the DEM obtained from the ALOS-PALSAR satellite image was cropped according to the study boundary, and slope, aspect, and elevation maps were created for the study boundary. Analyses were performed in ArcGIS software. DEM and ArcGIS software were used for the precipitation map of the study area. First, the fixed meteorological station data was obtained (Table 1). Then, the number of stations was increased by randomly assigning points in the study area. Based on the elevation in the fixed station data, the total precipitation amount of each station was calculated by the Schreiber formula (Eq.1) for each 100 m elevation interval ± 54 mm up or down according to the elevation interval. Finally, using the precipitation data for each point, a general precipitation map of the study area was created with the IDW tool.

$$P_h = P_0 + (54 \times h) \tag{1}$$

In the formula, P_h is the precipitation (mm) of a point with known elevation, and h is the elevation difference (hectometer) between P_h and P_0 . P_0 is the precipitation amount (mm) of the comparison station with known precipitation value and elevation. Temperature and wind speed maps were also created by cropping according to the study area using climate data. Finally, the data related to the criteria obtained overlapped with the chestnut in region the study area, and the criteria values for the areas were obtained and interpreted. The methodology used in the study is shown in Figure 2.

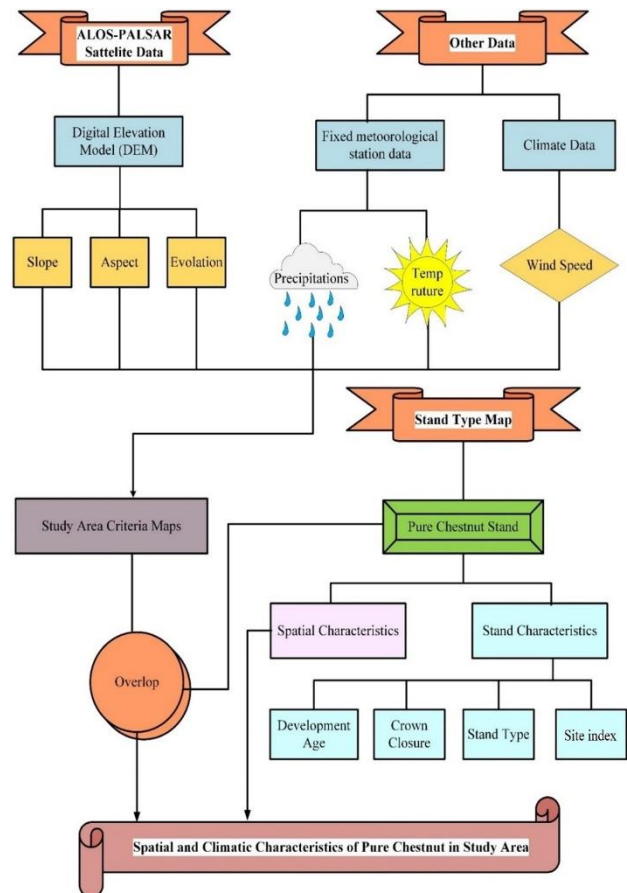


Figure 2. General workflow diagram for the study

Table 1. Meteorological data related to the study area (Climate Data, 2022)

Stable meteorological station data			
Province name	Annual total precipitation (mm)	Annual mean temperature (C°)	Altitude (m)
Zonguldak	915	12.4	9
Bartın	842	13.6	13
Karabük	1 048	10.5	259

3. Result

Firstly, spatial analysis was performed in the analyses. Zonguldak RDF forest stand type map was used for spatial analysis. The study was made based on the management directorate and planning unit. Spatial values of pure chestnut areas in Zonguldak RDF are shown in Table 2. When Table 2 was analyzed, it was determined that the highest spatial distribution was in Bartın Forest Management Directorate (FMD). Afterward, it was determined that it was mainly within the borders of Zonguldak and Ulus Forest Management Directorate.

The most minor extent was observed in the Yenice Forest Management Directorate. Based on planning unit, it was determined that the highest distribution was in Kurucaşile (183.50 ha). The second largest distribution was found in the planning unit of Ulus Forest Management Directorate, Kumluca (176.93 ha). The most minor spread based on the planning unit was determined in the Yalnızçam unit (1.56 ha). The areal values of pure chestnut stands in terms of stand characteristics are shown in Table 3. The areal distribution graph of general pure chestnut stands is shown in Figure 3.

The distribution of chestnut forests in four classes regarding stand characteristics in terms of development stage, crown closure, stand type and site index were analyzed. The results of the developmental age analyses showed that pure chestnut forests were predominantly in the b (279.65 ha) and c (627.34 ha) ages. This showed that Zonguldak GDF, pure

chestnut mainly composed of young stands. When analyzed in terms of crown closure, it was seen that the highest area consisted of stands with 2 (41% - 70%) and 3 (71% - 100%) closures. Regarding stand type, the highest area was found in Kscd2, Kscd3, and Ksbc3 stands and was calculated as 319.646 ha, 307.695 ha, and 218.197 ha, respectively. Finally, for site index, it was observed that the highest distribution was observed in the II (285.28 ha) and III (557.50 ha) site index. The spatial and spatial distribution graph of general pure chestnut stands is shown in Figure 3.

Descriptive statistics for geographical and topographical analyses of the areas where pure chestnut forests are distributed are shown in Table 4.

According to the results of climatic and topographic analyses, the minimum, maximum, and average annual total precipitation amounts of pure chestnut forests were calculated as 866.95, 1,619.25, and 1,024.07 mm/year, respectively. The study area's minimum, maximum, and average temperature values were calculated as 6.00 C°, 13.00 C°, and 11.76 C°, respectively. The minimum, maximum, and average wind speed values for wind speed, which affects respiration in trees, were 0.22 m/s, 6.62 m/s, and 2.46 m/s, respectively. The results of high data analysis from the topographic data of the study area showed that pure chestnut forests spread at a maximum altitude of 1 221.68 m, the lowest altitude was 33.24 m and the average altitude was 300.23 m. The results of the slope analysis for pure chestnut forests showed that the minimum, maximum, and average slope values were 7.34%, 32.43%, and 18.63%, respectively. Finally, the results of the aspect values showed that the most minor spread was in the North East (18.18°), the most spread was in the South East (338.63°), and generally in the South West (184.18°). Maps of precipitation, temperature, wind speed, elevation, slope, and aspect maps of the study area are shown in Figure 4.

Table 2. Spatial distribution of pure chestnut stands

Bartın		Zonguldak		Ulus		Kdz. Ereğli	
Planning unit	Area (ha)	Planning unit	Area (ha)	Planning unit	Area (ha)	Planning unit	Area (ha)
Amasra	85.91	Çaycuma	14.59	Kumluca	176.93	Yalnızçam	1.56
Artt	14.32	Göldağı	126.71	Sökü	1.81	Dirgine	
Bartın	3.02	Kozlu	17.15	Ulusçayı	1.91	Planning Unit	Area (ha)
Gölderesi	197.17	Saltukova	1.13	Devrek		Karadere	11.34
Günye	30.76	Zonguldak	58.98	Planning Unit	Area (ha)		
İnkum	2.76	Yenice		Akçasu	22.40		
Kozcağız	65.24	Planning Unit	Area (ha)				
Kurucaşile	183.50	Kızılkaya	1.87				

Table 3. Areal distribution of pure chestnut stands in terms of stand characteristics

Development Age	Area(ha)	Stand Type	Area(ha)	Site index	Area(ha)
a (>7.9 cm)	51.14	Ksa	28.126	I	5.99
b (8 – 19.9 cm)	279.65	Ksa0	5.332	II	285.28
c (20 – 35.9 cm)	627.34	Ksa-1	7.989	III	557.50
d (36 cm >)	60.94	Ksa3	9.692	IV	147.08
Total	1 019.07	Ksbc2	61.451	VI	23.21
Crown Closure	Area(ha)	Ksbc3	218.197	Total	1 019.07
1 (10% - 40%)	41.45	Kscd2	319.646		
2 (41% - 70%)	381.10	Kscd3	307.695		
3 (71% - 100%)	596.53	Ksd3	60.944		
Total	1 019.07	Total	1 019.07		

Table 4. Descriptive statistics for topographic and climatic data

Variables	Stand type area	Min.	Max.	Mean	Mean standard error	Standard deviation	Variance
Total Precipitation (mm/Year)	165	866.95	1 619.25	1 024.07	8.08	103.81	1 0776.29
Annual mean Temperature (C°)	165	6.00	13.00	11.76	0.08	1.06	1.13
Wind Speed (m/s)	165	0.22	6.62	2.46	0.10	1.24	1.54
Elevation (m)	165	33.24	1 221.68	300.23	15.74	202.12	40 852.63
Slope (%)	165	7.34	32.43	18.63	0.41	5.22	27.23
Aspect (degrees)	165	18.18	338.63	184.18	7.79	100.10	1 0020.04

AREAL STAND CHARACTERISTICS

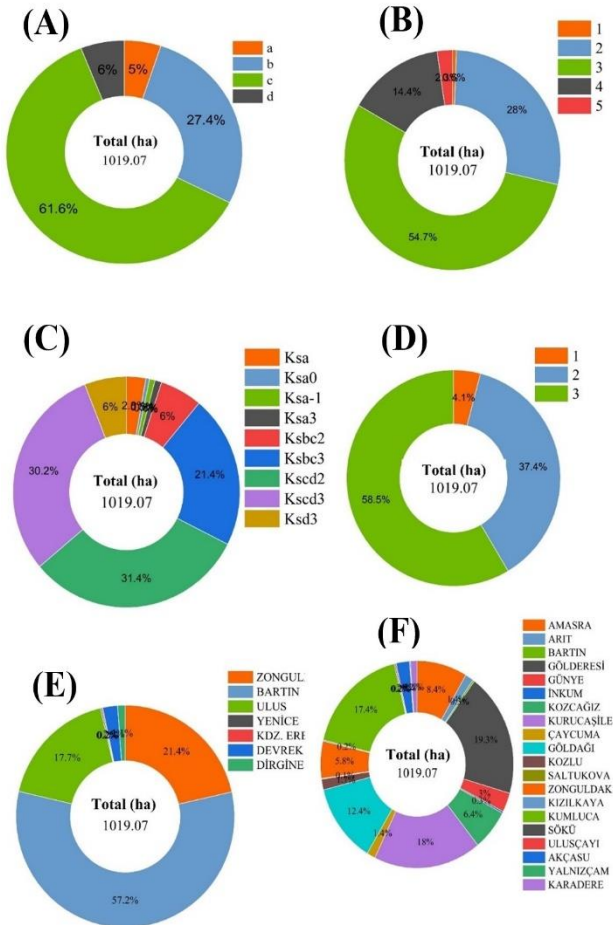


Figure 3. Areal distribution graph of stand characteristics of pure chestnut forests. (A) Development Stage, (B) Site Index, (C) Stand Type, (D) Crown Closure, (E) Forest Management Directorate, (F) Planing Units.

4. Discussion and Conclusions

This study, it was aimed to determine the climatic and spatial characteristics of the existing pure chestnut forests and to provide information in terms of the utilization of existing chestnut forests and new forests to be established in high yield. It is thought that the changes that may occur due to climate change will cause the transformation of suitable spreading areas for some tree species into suitable spreading areas for the spread of other tree species. Dyderski et al., (2018) analysed the changes in pessimistic, average, and optimistic categories for 12 tree species until 2061-2080. The results showed that Anatolian chestnut will be among the

THEMATIC MAP SERIES

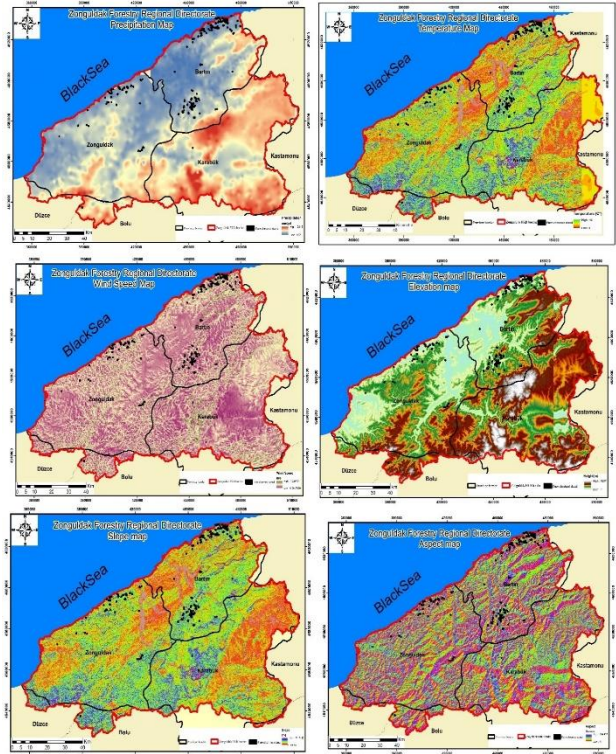


Figure 4. Areal distribution graph of stand characteristics of pure chestnut forests

pessimistic category of losers in Türkiye. Again, since Türkiye is highly vulnerable to climate change and among the "countries at risk" (UNDP, 2019) and the natural distribution areas of Anatolian chestnut are concentrated in the northern coastal regions of Türkiye, it is considered among the species expected to be most affected by this process (Çobanoğlu et al., 2023). Especially since global climate change will significantly change climatic factors, there is a threat of significant individual and population losses in Anatolian chestnut. Other studies have also emphasized that the Anatolian chestnut is expected to decline significantly in the southern regions of the Northern Hemisphere (Sarıkaya and Orucu, 2019, Barnes and Delborne, 2019, Noah et al., 2021;

Clark et al., 2023). Considering the above-mentioned risks and threats, it is of vital importance to provide information in terms of determining the correct climate and location selection in the studies to be carried out for the continuity of the Anatolian chestnut. Büber, (2021) the topographical distribution, long-term climatic data, some soil properties and soil organic carbon and total nitrogen stocks of Anatolian Chestnut (*Castanea sativa* Mill.), which is distributed within the borders of Bursa Regional Directorate of Forestry, were analysed according to different elevation and soil depth levels. The results showed that about 71% of the chestnut stands were located in shady aspects, 22% in sunny aspects, and 7% in flat areas. Anatolian chestnut has the highest distribution between 400 m and 600 m elevation (47%), followed by 100 m and 300 m elevation (41%). The mean annual temperature varied between 13.9 °C and 15.5 °C. The results of the research are similar to the results of our study. In addition, the increase in chestnut forests and afforestation also provides benefits in terms of slowing down global climate change. Menéndez-Miguélez et al., (2023) in a study they conducted, aimed to calculate the above- and below-ground biomass of chestnut plantations. Thus, they aimed to calculate the carbon sequestration role of young chestnut areas using the models they developed. Another study, it was tried to determine the potential chestnut production areas in Aydın province with geographical information systems. In the research, they used 6 criteria precipitation, temperature, soil structure, wind direction, slope, and elevation (Demirtaş, 2013).

Çobanoğlu et al., (2023) tried to predict for the years 2040, 2060, 2080, and 2100 how the growing areas of Anatolian chestnut, one of the most important species to be affected by climate change, will be affected in Türkiye. The results of the study predicted that the distribution areas suitable for Anatolian chestnut cultivation will significantly decrease especially after 2060-2080, and even completely disappear in 2080 according to the most extreme scenario. When all these research results are evaluated, it will not only provide important information for high productivity in the establishment and management of private or public chestnut forests but also facilitate acting with the awareness of forestry close to nature. In particular, it will be an important source of information for multi-criteria decision support systems to be used for the establishment of chestnut plantations.

With the results obtained, information was provided to determine of priority areas for chestnut afforestation for rural and local people within the borders of the Zonguldak Regional Directorate of Forestry. Thus, areas, where higher yield and gain can be obtained in chestnut afforestation, can be selected with the awareness of forestry close to nature. In particular, the opportunities offered by the General Directorate of Forestry to the public with the condition of afforestation of income-generating species in the forest openings within the forest boundaries will greatly contribute to selecting of the right place for chestnut. In addition, our results will contribute to the development of approaches to taking measures against the effects of climate change and improving the existing areas.

Acknowledgements

This article was presented as an abstract at the “5th International Non-Wood Forest Products Symposium” organized by Bartın University, Bartın Faculty of Forestry.

Reference

- Aksoy, H., 2022. Sinop Orman Bölge Müdürlüğü Saf Sarıçam Meşcerelerinde Farklı Uzaktan Algılama Verileri Kullanılarak Bazı Meşcere Parametrelerinin Modellenmesi. Doktora Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı.
- Aksoy, H., 2023. Coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi prosesi ile kestane (*Castanea sativa* Mill.) ağaçlandırmaları için uygun alanların tespiti. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 25(2): 295-307. <https://doi.org/10.24011/barofd.1288332>
- Allen, J. C., Barnes, D. F., 1985. The causes of deforestation in developing countries. *Annals of the association of American Geographers*, 75(2): 163-184.
- Barnes, J. C., Delborne, J. A., 2019. Rethinking restoration targets for American chestnut using species distribution modeling. *Biodiversity and Conservation*, 28(12): 3199-3220. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01814-8>
- Barreira, J. C., Ferreira, I. C., Oliveira, M. B. P., 2020. Bioactive compounds of chestnut (*Castanea sativa* Mill.). Bioactive compounds in underutilized fruits and nuts, 303-313. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30182-8_18
- Bonsignore, C. P., Vono, G., Bernardo, U., 2019. Environmental thermal levels affect the phenological relationships between the chestnut gall wasp and its parasitoids. *Physiol. Entomol.* 44 (2): 87-98. <https://doi.org/10.1111/phen.12280>
- Büber, S., 2021. Bursa bölgesi Anadolu kestanesi ormanlarının dağılışı ve yetiştirme ortamı özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Clark, S. L., Marcolin, E., Patricio, M. S., Loewe-Muñoz, V., 2023. A silvicultural synthesis of sweet (*Castanea sativa*) and American (*C. dentata*) chestnuts. *Forest Ecology and Management*, 539: 121041. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121041>
- Climate Data, 2022. Turkey Climate: Weather by Month for Turkey. <https://en.climate-data.org/asia/Türkiye>, Accessed: 08.08.2023.
- Conedera, M., Krebs, P., Tinner, W., Pradella, M., Torriani, D., 2004. The cultivation of *Castanea sativa* (Mill.) in Europe, from its origins to its diffusion on a continental scale. *Veg. Hist. Archaeobotany* 13(3): 161-179. <https://doi.org/10.1007/s00334-004-0038-7>
- Çepel, N., 1995. Forest ecology. Baskı, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın, (433).
- Çobanoğlu, H., Cantürk, U., Koç, İ., Kulaç, Ş., Sevik, H. (2023). Climate change effect on potential distribution of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* mill.) in the upcoming century in Türkiye. *Forestist*, 73(3): 247-256. <https://doi.org/10.5152/forestist.2023.22065>
- De Vasconcelos, M. C., Bennett, R. N., Rosa, E. A., Ferreira-Cardoso, J. V., 2010. Composition of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and association with health effects: fresh and processed products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(10): 1578-1589. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4016>
- Demirtaş, B. (2013). Aydın ili Köşk ilçesinde potansiyel incir (*Ficus carica* L.) ve kestane (*Castanea sativa*) üretim alanlarının belirlenmesinde coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması. Yüksek Lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Dinis, L. T., Oliveira, M. M., Almeida, J., Costa, R., Gomes-Laranjo, J., Peixoto, F., 2012. Antioxidant activities of chestnut nut of *Castanea sativa* Mill.(cultivar ‘Judia’) as function of origin ecosystem. *Food Chemistry*, 132(1): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.096>
- Kaptan, S., 2018. Sosyo-ekonomik durum envanteri ve orman amenajman planlarına yansıtılması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi, Bartın.

- Karabulut, M., Küçükönder, M., 2008. Kahramanmaraş ovası ve çevresinde CBS kullanılarak erozyon alanlarının tespiti. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 11(2): 14-22.
- Krebs, P., Ulmke, F., Tinner, W., Conedera, M., 2022. The Roman Legacy on European Chestnut and Walnut Arboriculture. Environmental Archaeology, 1-22. <https://doi.org/10.1080/14614103.2022.2137648>
- Mellano, M. G., Beccaro, G. L., Donno, D., Marinoni, D. T., Boccacci, P., Canterino, S., Cerutti, A. K., Bounous, G., 2012. *Castanea* spp. biodiversity conservation: collection and characterization of the genetic diversity of an endangered species. Genetic Resources and Crop Evolution, 59: 1727-1741. <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9794-x>
- Menéndez-Miguélez, M., Álvarez-Álvarez, P., Pardos, M., Madrigal, G., Ruiz-Peinado, R., López-Senespleda, E., Del Rio, M., Calama, R., 2023. Development of tools to estimate the contribution of young sweet chestnut plantations to climate-change mitigation. Forest Ecology and Management, 530: 120761. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120761>
- Noah, P. H., Cagle, N. L., Westbrook, J. W., Fitzsimmons, S. F., 2021. Identifying resilient restoration targets: Mapping and forecasting habitat suitability for *Castanea dentata* in Eastern USA under different climate-change scenarios. Climate Change Ecology, 2, 100037. <https://doi.org/10.1016/j.ecochg.2021.100037>
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü/General Directorate of Forestry), 2013. Chestnut action plan 2013-2017 (p. 56). Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- OGM, 2021. Orman Genel Müdürlüğü, Orman Amenajman Planları. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Ankara: OGM.
- Pollegioni, P., Lungo, S. D., Müller, R., Woeste, K. E., Chiocchini, F., Clark, J., Hemery, G. E., Mapelli, S., Villani, F., Malvotti M. E., Mattioni, C., 2020. Biocultural diversity of common walnut (*Juglans regia* L.) and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) across Eurasia. Ecology and Evolution, 10(20): 11192-11216. <https://doi.org/10.1002/ece3.6761>
- Sabir, M., Ali, Y., Khan, I., Salman, A., 2022. Plants species selection for afforestation: A case study of the Billion Tree Tsunami Project of Pakistan. Journal of Sustainable Forestry, 41(6): 537-549.
- Sarıkaya, A. G., Orucu, O. K., 2019. Prediction of potential and future distribution areas of Anatolian Chesnut (*Castanea sativa* mill.) by using maximum entropy (Maxent) modeling depending on climate change in Türkiye. International Journal Of Ecosystems And Ecology Science-Ijees. <http://doi.org/10.31407/ijeec9415>
- Serdar, Ü., Akyüz, B., Ceyhan, V., Hazneci, K., Mert, C., Er, E., Ertan, E., Savaş, K. S. Ç., S., Uylaşer, V., 2018. Horticultural characteristics of chestnut growing in Türkiye. Erwerbs-Obstbau, 60(3): 239-245.
- Sönmez, N., Sarı, M., 2004. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Esasları ve Uygulama Alanları. Derim, 21(1): 54-68.
- Susam, T., İrfan, O., 2006. CBS ile Tokat ili arazi varlığının eğitim ve bakım özelliklerinin tespiti ve tarımsal açıdan irdelenmesi. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG), 2006(1).
- Swamy, L., Drazen, E., Johnson, W. R., Bukoski, J. J., 2018. The future of tropical forests under the United Nations Sustainable Development Goals. Journal of Sustainable Forestry, 37(2): 221-256
- UNDP, 2019. Turkey UNDP Climate Change Adaptation. Available at: <https://www.adaptation-undp.org/explore/western-asia/turkey>, Accessed: 04.08.2023.

Çanakkale-Kilitbahir Kale Müzesi ve çevre peyzajının değerlendirilmesi

Yavuz Alkan^{a,*} 

Özet: Müzeler, tarihsel süreçte ulusal ve uluslararası kültürün yayılmasında, nesilden nesile aktarılmasında ve kültürler arası etkileşimin ve bilincin güçlenmesinde önemli rol üstlenmiştir. Bu yönüyle Kilitbahir Kale Müzesinin mercek altına alındığı bu çalışmada kale içi ve yakın çevresi peyzaj değerleri kapsamında incelenmiştir. Müzeyi sınırları içinde bulunduran Kilitbahir köyü Çanakkale iline karşı konumlanmıştır. Çanakkale Boğazı tarafından ayrılan bu köyle siyasi olarak bağlı olduğu Çanakkale ili arasındaki uzaklık yaklaşık 3 km'dir. Müzenin peyzaj kriterleri kapsamında incelenmesi iki adımda gerçekleştirilmiştir. İlk olarak alanda yapılan gözlemlere bağlı olarak yapısal ve bitkisel analize yer verilmiştir. İkinci adımda ise kullanıcı faktörünün araştırma alanı üzerindeki rekreasyonel yaklaşımlara bağlı olarak görüş ve düşünceleri ortaya konmuştur. Bunun için tesadüfi olarak 75 ziyaretçi ile karşılıklı görüşme sağlanmıştır. Anket uygulaması ile ulaşılan sonuçlar SPSS 15.0 istatistiksel analiz programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Söz konusu değerlendirmenin esasını kullanıcı memnuniyeti/bağımlı değişken ve bunu etkileyen yapısal ve bitkisel peyzaj unsurları/bağımsız değişkenler oluşturmuştur. Analize göre değişkenler arasındaki ilişkinin anlamlılık düzeyi 0,000 ve R kare değeri 0,825 bulunmuştur. Bu ve benzer sonuçlar ışığında araştırma alanının optimal kullanımına katkısı olabileceği üzerine kurgulanan bu çalışmada, metoda bağlı olarak izlenen her iki stratejiden varılan ortak ya da benzer yaklaşımlarla öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Tarihi alan, Rekreasyon, Ziyaretçi, Peyzaj planlama

Evaluation of Çanakkale - Kilitbahir Castle Museum and environmental landscape

Abstract: Museums have played an important role in the spread of national and international culture in the historical process, in transferring it from generation to generation and in increasing intercultural interaction and awareness. In this study, where the Kilitbahir Castle Museum is examined in this respect, the inside of the castle and its immediate surroundings are examined within the scope of landscape values. The village of Kilitbahir, which contains the museum within its borders, is located opposite the province of Çanakkale. The distance between this village, which is separated by the Dardanelles Strait, and the Çanakkale province, to which it is politically connected, is about 3 km. The examination of the museum within the scope of landscape criteria was carried out in two steps. First, structural and vegetative analysis is included depending on the observations made in the field. In the second step, the opinions and thoughts of the user factor depending on the recreational approaches on the research area are revealed. For this purpose, mutual interviews were provided with 100 visitors by chance. The results obtained by the questionnaire were evaluated by using SPSS 15.0 statistical analysis program. The basis of the said evaluation was user satisfaction/dependent variable and the structural and vegetal landscape elements/independent variables affecting it. According to the analysis, the significance level of the relationship between the variables was found to be 0.000 and the R square value was 0.825. In the light of these and similar results, in this study, which is designed to contribute to the optimal use of the research area, suggestions have been developed with common or similar approaches derived from both strategies followed depending on the method.

Keywords: Historic site, Recreation, Visitor, Landscape planning

1. Giriş

Ülke coğrafyalarının tarihi süreçte katettikleri yaşanmışlıkların belirli bir göstergesi olan tarih bilgisi kendini basılı ya da çevrimiçi eserler dışında ağırlıklı ve daha etkin olarak "müze" olgusuyla açığa çıkarmaktadır (Kap Yücel ve Salt, 2018). Kültürlerin kimliğini ortaya koyan bu yapıların fiziki planlamaları ve geliştirilmesi yönündeki politik yaklaşımlar, söz konusu kültürlerin paylaşımı ve uluslararası tanınırlığında öne çıkan fırsatlardır (Sağlık vd., 2016). Pek çok kültüre ev sahipliği yapmış Çanakkale kentsel yapısı da benzer fırsatlara sahiptir (Kurdoglu ve Kurdoglu, 2010). Bunlar arasında tarihi

yansıtan önemli bir yapıt olarak karşımıza çıkan Kilitbahir Kale Müzesi, bu çalışmada özgün bir yapı ortaya koyarak fiziki planlaması kapsamında yapısal ve bitkisel formasyonu ile değerlendirilmeye çalışılmıştır. Öyle ki Kliskey (2000), Kurdoğlu ve Kurdoğlu (2010), Pouya ve Irani Behbahani (2017)'nin yaptıkları çalışmada da benzer yaklaşımlarla optimal alan kullanımlarına odaklanılmıştır. Örneğin Kurdoğlu ve Kurdoğlu (2010)'nun yaptıkları çalışmada tarihi İpek Yolu'nun bir parçası durumunda olan Trabzon-Gümüşhane eski devlet yolu çevresinin peyzaj kalitesini rekreasyonel, manzara, işlevsel ve kültürel yönleriyle değerlendirip geliştirilmesi yönünde öneriler ortaya konmuştur. Pouya ve Irani Behbahani (2017) de yaptıkları

^a Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lapseki Meslek Yüksek Okulu, Çanakkale

^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): yalkanz58@gmail.com

[✓] **Received** (Geliş tarihi): 03.08.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 05.04.2024



Citation (Atıf): Alkan, Y., 2024. Çanakkale-Kilitbahir Kale Müzesi ve çevre peyzajının değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 136-144.

DOI: [10.18182/tjf.1337502](https://doi.org/10.18182/tjf.1337502)

benzer bir çalışmada nesnel ve objektif bakış açılarıyla ele aldıkları anıt mekân tasarım ve planlamasında görsel peyzaj kalitesi değerlendirilmiştir. Dolayısıyla sürdürülebilir ve dinamik alan kullanımına yönelik yaptıkları çalışmada kullanıcı algısını bu çalışmada olduğu gibi öne çıkarmışlardır. Kullanıcı algısı odağında gelişen bu çalışmada da Kilitbahir Kale Müzesi alanının yapısal ve bitkisel donatılar kapsamında nitelik ve niceliğine bağlı olarak geliştirilmesi tarihi alanın rekreasyonel ve ekonomik yönüyle daha rasyonel kullanımını sağlayabilecektir (Tomczyk, 2011). Müze alanının gözleme bağlı olarak incelenmesi ve kullanıcı algısı doğrultusunda ortaya çıkan bulgular alanın rasyonel planlamasında, etkin rol üstlenmiştir (Çelik ve Yazgan, 2007). Gözlem esaslı incelemede tarihi alanın peyzaj boyutu, yapısal ve bitkisel donatı varlığı belirlenerek tasarım ve planlamanın geliştirilmesi amaçlanmıştır (Mak ve Jim, 2019). Bu kapsamda eksik, deforme olmuş ya da yetersiz olan donatılar için planlama yaklaşımları ortaya konmuştur. Peyzaj yapı elemanları/aydınlatma, güvenlik, oturma üniteleri, çeşme-lavabo ve bitkisel materyal kapsamındaki peyzaj değişkenlerinin eksiklik, yetersizlik, bakım-onarım ölçütlerinde değerlendirildiği bu çalışmada ziyaretçi algısı ve farkındalığına bağlı olarak da tarihi alan üzerinde memnuniyet esaslı bulgulara ulaşılması amaçlanmaktadır (Dai vd., 2001).

Bunun için alanı ziyaret eden 75 bireye rastgele anket uygulanmıştır. Anketten ulaşılan veriler, gözlem sonucunda elde edilen verilerle örtüşen ve farklılıkları yönünde değerlendirilmiştir (Kırmızı ve Karaman, 2021). Ziyaretçi algısına göre fazladan aza doğru önem arz eden değişkenler gözleme bağlı olarak da tespit edilmiş olup, otopark, bakım-onarım, oturma birimleri ve aydınlatma (model katsayıları belirtilen sırayla 3,013, 2,673, 2,609 ve 2,416) olarak öne çıkmıştır. Ortaya çıkan sonuçlara göre tarihi alanın sürdürülebilir peyzaj planlamasına yön verilmeye çalışılmıştır (Erduran Nemutlu, 2021). Bu kapsamda alandan yararlanma ya da açık kalma süresinin yaz mevsiminde planlı bir şekilde uzatılması (akşam saatlerini de kapsayacak şekilde) yeterli aydınlatma/kamera üniteleri, gölge elemanları, oturma grupları, çeşme, lavabo gibi ihtiyaç ünitelerinin yeterli düzeyde planlanması ile ziyaret sürelerinin artmasına bağlı olarak rekreasyonel ve ekonomik olarak tarihi alan kullanımına katkı sağlayabileceği varsayılmaktadır (Karabudak Ertem ve Turgut, 2020). Sonuç olarak, çalışmanın özgün yapısı kapsamında tarihi alanın mevcut fiziki yapısının veya açık ve yeşil alan kullanım potansiyelinin yapısal ve bitkisel formasyonda atılacak

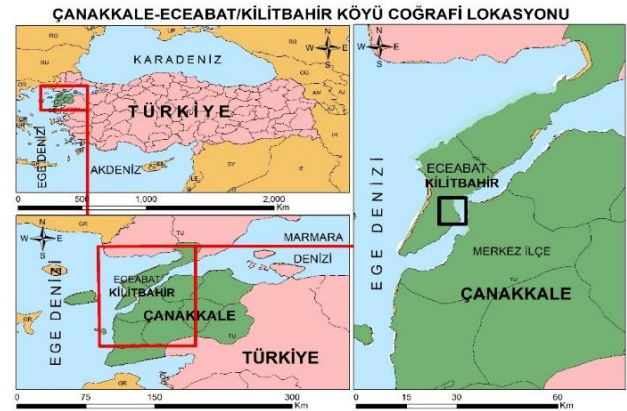
adımlarla sürdürülebilir kullanımına optimal bir yaklaşım getirilmesi ön görülmektedir (Kelkit, 2003).

2. Materyal ve yöntem

Araştırma alanı olarak tespit edilen Kilitbahir Kale Müzesi, Çanakkale iline bağlı Eceabat ilçesi sınırlarında Kilitbahir köyünde yer almaktadır. Söz konusu çalışma alanı yer kürenin Kuzey yarım küresinde olup coğrafi koordinatları veya matematiksel konumu 40°08'55"–40°08'46" Kuzey Enlemleri ile 26°22'44"–26°22'50" Doğu Boylamları arasındadır (Eceabat Belediyesi, 2023). Araştırma alanının Dünya üzerindeki konumu Şekil 1' de verilmiştir.

Çalışma alanının büyüklüğünün ve matematiksel konumunun hesaplanmasında Google Earth Pro 2023'ten yararlanılmıştır. Buna göre çalışma alanı yaklaşık 14 000 m² bulunmuştur. Bu ölçü çalışma alanının 3 bölüm olarak değerlendirilmesine bağlı olarak *otopark, giriş ve ikinci bölüm* alanları olarak belirlenmiştir. Otopark bölümü yaklaşık 1 467 m²; giriş bölümü yaklaşık 3 940 m² ve son bölümün alanı ise yaklaşık 8 560 m² olarak bulunmuştur (Şekil 2).

Çalışma, iki strateji üzerine yoğunlaşmıştır. İlkinde alanın gözleme dayalı incelemesine bağlı olarak mevcut yapısal ve bitkisel donatılar değerlendirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle çalışma alanını kapsayan açık ve yeşil alan potansiyeli çekilen fotoğraflarla belirlenmiş, bu tespitler alanın bitkisel ve yapısal peyzaj tasarımında tanımlayıcı rol üstlenmiştir. Bu görseller rehberliğinde değerlendirmeler yapılarak öneriler geliştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu



Şekil 2. Araştırma alanının farklı açılardan görselleri (Türkiye Kültür Portalı, 2023).

Diğer bir strateji de kullanıcı portföyü üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bunun için alanı ziyaret eden kullanıcıların (25-60 yaş aralığında), müze alanının peyzaj tasarımı ve planlamasında algı ve farkındalıkları üzerine yoğunlaşmıştır. Bu noktada bitkisel ve yapısal unsurlar kapsamında öncelikleri ve buna bağlı memnuniyetleri anket uygulaması ile değerlendirilmiştir. 75 müze ziyaretçisiyle karşılıklı anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Anket uygulanacak birey sayısı tespitinde Kalıpsız (1981)'dan yararlanılmıştır. Bu doğrultuda Çanakkale ili 2023 yılı merkez ilçe nüfusu (197 841), % 95 güven aralığı ve %5 hata payında örneklem sayısını belirlemede aşağıdaki formül (1) kullanılmıştır (Kalıpsız, 1981; TÜİK, 2023).

$$n = \frac{Z^2 NPQ}{ND^2 + Z^2 PQ} \quad (1)$$

Formül bilinmeyenleri ve açıklamaları aşağıda verilmiştir.

n = Örneklem büyüklüğü (73), Z =Güven katsayısı (1,96), P = Güven aralığı (0,95), $Q=1-P$, N = Ana kütle/evren büyüklüğü (Çanakkale Merkez ilçe 2023 nüfusu/197 841), D = Hata payı (0,05)

Tarihi alan ziyaretçi algılarının belirlendiği peyzaj değişkenleri (peyzaj yapı elemanları/aydınlatma, güvenlik/kamera, oturma üniteleri, çeşme-lavabo ve bitkisel materyal kapsamında) eksiklik, yetersizlik, bakım-onarım ölçütlerinde değerlendirilmiştir. Söz konusu değişkenler kapsamında ziyaretçilerin algıları 1 ile 5 arasında çok yeterli, yeterli, az yeterli, yetersiz, çok yetersiz şeklinde tespit edilmiştir (Likert, 1932). Ankete göre belirlenen bulgular SPSS 15.0 istatistiksel programında analiz edilmiştir. Regresyon analizi ile bağımlı değişken ile

(ziyaretçi memnuniyeti) bağımsız değişkenler (peyzaj değişkenleri) arasındaki anlamlılık düzeyleri araştırılmıştır. Sonuç olarak gözlem ve ziyaretçi algısına bağlı olarak elde edilen veriler örtüşen ve ters düşen yönleriyle karşılaştırılarak alan kullanımı için optimizasyon hedeflenmiştir.

3. Bulgular

Araştırma alanının fiziki yapısı ve kullanımına yönelik optimizasyonu için bu çalışmada iki yaklaşım ortaya konmuştur. Gözlem ve ziyaretçi esasına bağlı olarak gerçekleştirilen yaklaşımlara aşağıda yer verilmiştir.

3.1. Çalışmanın birinci aşaması: Gözlem odaklı değerlendirmeler

İlk olarak alanın fiziki yapısı üzerine görseller elde edilmiştir. Bu görseller üzerinden peyzaj ilke ve öğeleri kapsamında araştırma alanının açık ve yeşil alan değerlendirmeleri yapılarak geliştirilmesi yönünde yorumlara yer verilmiştir. Araştırma alanından sağlanan görseller aşağıda verilmiştir.

Giriş bölümünde su kullanımını öne çıkaran donatılar peyzaj planlama ve tasarımında estetik yönden tamamlayıcı bir işleve sahip olup bu kapsamda süs havuzu ve buna bağlı suluc bitkilere yer verilmesi de gerekli görülmektedir (Şekil 3).

Müze alanı girişinden önceki otopark bölümünde araç park yerlerinin gölge elemanlarıyla ve yeterli ağaçlandırma ile tasarım bütünlüğünde planlanması önem arz etmektedir (Şekil 4).



Şekil 3. Araştırma alanı su kullanımından yoksun giriş bölümü görselleri



Şekil 4. Araştırma alanı park bölümü ve giriş bölümünden bir görünüm

Bitkisel formasyonda, alanın bitkisel varlığı ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda, *Juniperus oxycedrus*, *Pittosporum tobira*, *Thuja orientalis*, *Acer negundo*, *Pinus brutia* gibi çalı ve ağaç grubundan bitkiler tespit edilmiştir (Şekil 5).

Ayrıca alanın peyzaj yapı elemanları kapsamında peyzaj tasarım ve planlamasında rüzgâr, güneş ve yağmur gibi

çevresel etkilerden korunmak için gerekli olan pergola, arkat gibi donatıların da yetersiz olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6).

Şekil 7'de yer alan görsellere göre, bilgi levhalarının ve şarj ünitelerinin olması ideal bir yaklaşım olarak görülmektedir. Ancak kısa süreli bekleme noktaları da olsa oturma gruplarının eksikliği fark edilmektedir. Aynı zamanda ahşap merdivenlerde yer yer eskimiş ve yıpranmış görüntüler dikkat çekmektedir.



Şekil 5. Tarihi alanda planlanmış bitki potansiyeline dair görünüm



Şekil 6. Araştırma alanı arkat, geçit ve oturma grubu donatılarında görünüm



Şekil 7. Tarihi alanda ahşap kullanımlar ile bilgi levhası ve şarj ünitesinden görünüm

Araştırma alanına bitişik ve doğal yapısı gereği yakın çevresinde yer alan derenin nispeten yüksek kottaki kenarı, olası kaymalara ya da yıkılmalara karşı palyatif önlemler alınarak giderilmeye çalışılmıştır (Şekil 8).

Araştırma alanı genelinde gözlem ve kontrol esaslı kameraların varlığının önemi yadsınmaz. Zira, tarihi alan vasfı, araştırma alanı için hassasiyeti maksimum düzeye taşımaktadır. Bu nedenle kameraların yeterli nitelik ve nicelikte olması kaçınılmazdır. Aydınlatma ünitelerinin kırılma ya da deformasyonuna yönelik gerekli önlemlerin alınması üzerine planlamalara odaklanılması önemlidir (Şekil 9).

Alanda bilgilendirici levhaların yeterli olması önemli olup, özellikle girilmesi ya da çıkılması risk teşkil edebilecek yerler için daha önleyici tedbirlerin alınması gerekli olabilir. Çöp kovası gibi peyzaj donatılarında bakım ve onarım çalışmalarının yeterli düzeyde olması da önem arz etmektedir (Şekil 10).

Çimden yoksun ya da yabancı otların hâkim olduğu yerlerin, alanın özellikle estetik ve işlevsel açıdan peyzaj değerini olumsuz yönde etkileyebileceği olasıdır. Çim alan için yeterli sulama ekipmanlarının tesisi, çim biçimi ve yabancı otlarla mücadele kuruyan ve bozulan çim yerleri için önemlidir (Şekil 11).



Şekil 8. Tarihi alan bitişigindeki kanal yapısına dair görünüm



Şekil 9. Araştırma alanı kamera ve aydınlatma donatılarından görünüm



Şekil 10. Çöp kovası ve uyarı levhalarından görünüm



Şekil 11. Tarihi alanda çim yüzeylerden görünüm

Tarihi alanda yer alan bitkisel materyaller *Quercus coccifera* (Kermes meşesi), *Cupressus sempervirens var. pyramidalis* (Piramit formu servi/Akdeniz servisi), *Pinus brutia* (Kızılçam), *Juniperus oxycedrus* (Yayvan ardıç), *Berberis thunbergii* (Hanım tuzluğu), *Rosmarinus officinalis* (Biberiye), *Catalpa bignonioides* (Katalpa), *Bougainvillea glabra* (Gelinduvağı), *Thuja occidentalis* (Mazi), *Cotoneaster spp.* (Muşmula), *Ligustrum ovalifolium* (Kurtbağrı), *Mahonia aquifolium* (Sarı boya çalısı), *Euonymus spp.* (Taflan), *Pittosporum tobira* (Yıldız çalısı) olarak tespit edilmiş olup, rasyonel planlama kapsamında plantasyona destek amacıyla *Ginkgo biloba* (Mabet ağacı), *Picea pungens* (Mavi ladin), *Wisteria sinensis* (Mor salkım), *Campsis radicans* (Acem borusu), *Punica granatum* (Nar), *Salix babylonica* (Salkım söğüt), *Betula pendula* (Huş ağacı), *Malus floribunda* (Süs elması), *Melia azedarach* (Tebih ağacı), *Populus tremula* (Titrek kavak), *Cedrus libani* (Toros sediri), *Magnolia grandiflora* (Manolya), *Olea europaea* (Zeytin ağacı), *Nerium oleander* (Zakkum), *Callistemon viminalis* (Fırça çalısı), *Cercis siliquastrum* (Erguvan), *Ceratonia siliqua* (Keçiboynuzu) gibi süs bitkileri değerlendirilebilir.

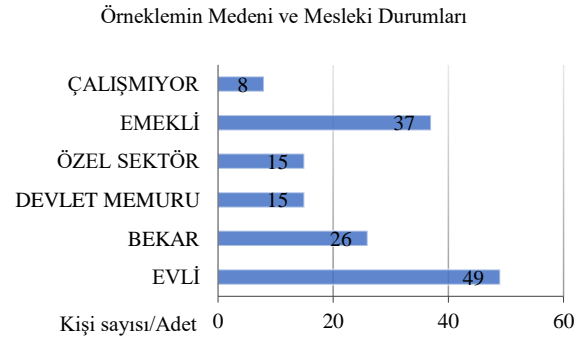
3.2. Çalışmanın ikinci aşaması: Ziyaretçi odaklı değerlendirmeler

Açık ve yeşil alan kullanıcılarının veya müze ziyaretçilerinin alanın ergonomik ve daha rasyonel kullanımına yönelik değerlendirmesine yer veren çalışmanın ikinci aşamasında, alanın mevcut yapısal ve bitkisel yönü ele alınmıştır. Bu aşamada ziyaretçi potansiyelinin demografik yapısına yönelik verilere de değinilmiştir.

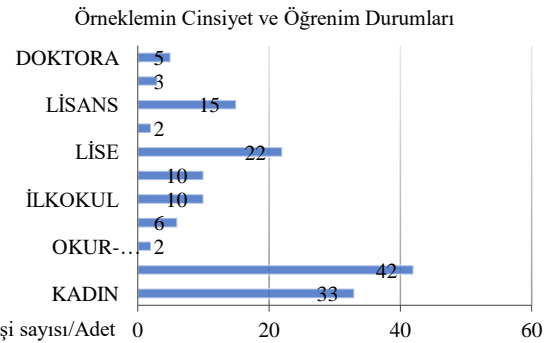
Buna göre Şekil 12'den anket uygulamasına gönüllü katılım sağlamak isteyen bireylerin %65'inin *evli*, %35'inin de *bekar* olduğu anlaşılmaktadır. Meslek türü olarak anket katılımcılarının en yüksek düzeyde katılımı %49'la *emekli* bireylerden oluşmuştur. Bununla birlikte ankete %40 oranında katılım sağlayan bireylerin %20'serli eşit oranlarda *kamu görevlisi* ve *özel sektör* çalışanlarından oluştuğu gözlenmiş olup, %11 oranında katılımcı bireyin de çalışmadığı dikkat çekmiştir.

Şekil 13'ten ankete katılan bireylerin %44'ünün *kadın*, %56'sının da *erkek* olduğu gözlenmiştir. Aynı şekil, katılımcıların %29'unun *lise*, %20'sinin *lisans* ve %26'sının da *ilkokul* (%13) ve *ortaokul* (%13) mezunu olduklarına işaret etmektedir. *Okur-yazar olmayan* ve *ön lisans* mezunu olanların ise katılımcı potansiyelinde en düşük dilime sahip oldukları tespit edilmiştir.

Kullanıcı memnuniyetinin müze alanının yapısal ve bitkisel yönüne endeksli algılarını ortaya koyma yönünde gerçekleştirilen ankete göre açığa çıkan veriler regresyon analizi ile değerlendirilerek yorumlanmıştır. Analiz sonuçları ve yorumlarına aşağıda yer verilmiştir (Şekil 12 ve Şekil 13).



Şekil 12. Anket katılımcılarının medeni ve mesleki durumları



Şekil 13. Anket katılımcılarının cinsiyet ve öğrenim durumları

Çizelge 1'deki veriler doğrultusunda anlamlılık düzeyinin 0,000 bulunması bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin önemli olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca F değerinden ($F=39,739$) bağımsız değişkenler arasındaki açıklanabilirliğin yaklaşık %40 olduğu görülmüştür.

Çizelge 2'den Durbin-Watson değerinin 2 değerine yakın çıkması model değişkenleri arasında otokorelasyon olmadığına işaret etmektedir. Bu durum araştırma hipotezinin kabul edilmesi noktasında önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca Düzeltilmiş R^2 değerinin 0,825 olması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde yaptığı değişimin yaklaşık %82'sini açıkladığını göstermektedir.

Model katsayıları çizelgesindeki VIF (varyans artış faktörü) değerinin 3'ün altında çıkması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde yüksek düzeyde etkili olduğunu göstermektedir ki bu da çalışma için önemli bulunmuştur. Ayrıca tüm bağımsız değişkenler için anlamlılık düzeylerinin 0,000 olarak bulunması bağımlı değişkenle anlam ilişkisi yönünden açıklanabilir olduklarını göstermektedir (Çizelge 3). Gözlem ve ziyaretçi algısına bağlı olarak ulaşılan tespitlerin benzerlik göstermesi beklentiyi karşılamıştır. Öyle ki, Çizelge 3'e göre ziyaretçi memnuniyetine etki eden katsayı değerlerine göre fazladan aza doğru sıralaması otopark (3,013), bakım-onarım (2,673), oturma birimleri (2,609) ve aydınlatma (2,416) şeklinde öne çıkmış olup, bu değerlendirmeler gözlem sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Çizelge 1. Regresyon modeli "Anova (b)"

Model		Karelerin toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kareler	F	Anlamlılık düzeyi
1	Regresyon	3610,492	9	401,166	39,739	0,000(a)
	Artan	656,174	65	10,095		
	Toplam	4266,667	74			

a: Bağımsız (Sabit) değişkenler: Akşam Ziyareti, Aydınlatma, Otopark, Bitkisel Materyal, Çeşme Lavabo, Güvenlik kamera, Oturma Birimleri, Çocuk oyun alanı, Bakım Onarım. b: Bağımlı değişken: Memnunluk oranı, P<0,05

Çizelge 2. Regresyon modeli "Model özeti (b)"

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin standart hatası	Değişim istatistikleri					
					R ² değişimi	F değişimi	Serbestlik derecesi 1	Serbestlik derecesi 2	Anlamlılık F değişimi	Durbin-Watson
1	0,920(a)	0,846	0,825	3,17726	0,846	39,739	9	65	0,000	1,808

a: Bağımsız (Sabit) değişkenler: Akşam Ziyareti, Aydınlatma, Otopark, Bitkisel Materyal, Çeşme Lavabo, Güvenlik kamera, Oturma Birimleri, Çocuk oyun alanı, Bakım Onarım. b: Bağımlı değişken: Memnunluk oranı, P<0,05

Çizelge 3. Regresyon modeli "katsayılar (a)"

Model		Standartlaşmamış katsayılar		Standart katsayılar	t	Anlamlılık düzeyi	B için %95 Güven aralığı		Doğrusallık istatistikleri	
		B	Standart hata	Beta			Alt sınır	Üst sınır	Tolerans	VIF
		1	(Sabit)	167,319			5,413		30,910	0,000
	Aydınlatma	2,416	0,596	-0,210	-4,054	0,000	-3,606	-1,226	0,879	1,138
	Güvenlik kamera	2,388	0,345	-0,376	-6,921	0,000	-3,078	-1,699	0,800	1,250
	Oturma Birimleri	2,609	0,580	-0,228	-4,501	0,000	-3,767	-1,451	0,918	1,089
	Çeşme Lavabo	2,315	0,446	-0,261	-5,187	0,000	-3,207	-1,424	0,933	1,072
	Bitkisel Materyal	1,909	0,456	-0,207	-4,187	0,000	-2,819	-0,998	0,965	1,036
	Otopark	3,013	0,548	-0,274	-5,498	0,000	-4,108	-1,919	0,956	1,046
	Bakım Onarım	2,673	0,435	-0,334	-6,148	0,000	-3,541	-1,805	0,801	1,248
	Çocuk oyun alanı	1,530	0,398	-0,202	-3,845	0,000	-2,324	-0,735	0,854	1,171
	Akşam Ziyareti	1,790	0,535	-0,167	-3,347	0,001	-2,857	-0,722	0,955	1,047

a Bağımlı değişken: Memnunluk oranı. Bağımsız (Sabit) değişkenler: Akşam Ziyareti, Aydınlatma, Otopark, Bitkisel Materyal, Çeşme Lavabo, Güvenlik kamera, Oturma Birimleri, Çocuk oyun alanı, Bakım Onarım, P< 0,05

4. Tartışma ve sonuç

Kültürler arası etkileşimin farklı bir boyutu da tarihi yerlerdir. Çeşitlilik ve zengin sosyal boyutuyla öne çıkan bu alanların yapısal ve çevresel açıdan rasyonel alan kullanım planlaması sürdürülebilir dinamik yapıyı olumlu yönde etkiler (Çelik ve Yazgan, 2007). Söz konusu planlamanın öncelikler ve kullanıcı yönüyle ele alınması önemlidir. Bu çalışmada Kilitbahir Kale Müzesi ve çevresi gözlem ve kullanıcı odaklı incelenmiştir. Çelik ve Yazgan (2007) çalışmasında da tarihi yapıların çevresiyle bütün olarak ele alınması gerekliliğine vurgu yapılmıştır. Çalışmanın her iki yaklaşımıyla da peyzaj değişkenleri (peyzaj yapı elemanları/aydınlatma, güvenlik, oturma üniteleri, çeşme-lavabo ve bitkisel materyal kapsamında) eksiklik, yetersizlik, bakım-onarım ölçütlerinde değerlendirilmiştir. Yaklaşım bulgularının birbirini teyit etmesi beklentiyi karşılamıştır. Söz konusu bulgulara göre peyzaj değişkenleri ile kullanıcı algısı arasında anlamlı ilişki bulunmuştur (Kurdoğlu ve Kurdoğlu, 2010). Bunda regresyon analizine göre P (Anlamlılık düzeyinin) 0,000 olması etkili olmuştur. Ayrıca analiz sonucunda elde edilen *düzeltilmiş R kare* değerine göre peyzaj değişkenlerinin kullanıcı algısını %82 oranında açıkladığını göstermektedir (Sağlık vd., 2016).

Sonuç olarak tarihi alan ve çevresinin değerlendirilmesine bağlı olarak daha rasyonel kullanımı için öneriler geliştirilmiştir.

- Açık ve yeşil alan kullanımına odaklanmış yeni planlamalar yapılmasına ağırlık verilebilir. Bu kapsamda yapısal ve bitkisel formasyonun araştırmada ortaya konan veriler ışığında tasarım ve planlamaya uyarlanması alanın daha rasyonel kullanımına katkı sağlayabilecektir (Kliskey, 2000).

- Politik yaklaşımlar kapsamında alanın daha çok ziyaretçi potansiyeline sahip olması için sevk ve idare yöntemleri geliştirilebilir. Örneğin aylık, 3 aylık 6 aylık ve yıllık bakım ve onarım planlamaları gibi.
- Makul oranlarda tarihi alana giriş ücretlerindeki revizyonlar ile bir ücret politikasının varlığı alanın sürdürülebilir kullanımına imkân sağlanması ve optimal alan kullanımına yardımcı olabilecektir.
- Tarihi alanın giriş bölümünde su kullanımına yer veren ve sucul bitkilendirmeyle de bütünlük gösteren planlamalara yer verilmelidir.
- Otopark alanında gölge ağaçlandırmasına ve gölge yapı elemanlarına yer verilmesi rasyonel planlamaya olanak tanyacaktır (Öksüz ve Koçan, 2022).
- Araştırma alanında plantasyon kapsamında özellikle gölge yapan ağaçlara, rüzgâr kıran ve yol ağaçlarına yer verilmelidir. Bu kapsamda hıyaban (ağaçlı yol) kullanımlar da değerlendirilebilir. Yapılacak bitkilendirme planında; *Ginkgo biloba* (Mabet ağacı), *Picea pungens* (Mavi ladin), *Punica granatum* (Nar), *Salix babylonica* (Salkım söğüt), *Betula pendula* (Huş ağacı), *Melia azedarach* (Tesbih ağacı), *Magnolia grandiflora* (Manolya), *Olea europaea* (Zeytin ağacı) gibi ağaçlara yer verilebilir.
- Müze alanı arkat ve pergola gibi yapılarla desteklenmeli; söz konusu yapılar bitkisel tamamlayıcı olarak *Jasminum officinale* (Yasemin), *Wisteria sinensis* (Mor salkım), *Campsis radicans* (Acem borusu) gibi sarılıcı bitkilerle tasarlanmalıdır.
- Araştırma alanında yer alan yapısal donatılardan özellikle ahşap materyal kullanılanlarda eskimelerin ve yıpranmaların olduğu gözlenmiştir. Bakım ve onarım kapsamında boyanması, tamir edilmesi ya da yenilenmesi

- suretiyle konstrüksiyonel iyileştirme yaklaşımları sergilenebilir (Jiang vd., 2022).
- Araştırma alanı bitişğinde bulunan kanal duvarının yıkılmasına karşın geçici önlem olarak uygulanmış bariyer donatıları yerine kanal duvarının güçlendirilmesine yönelik istinat duvarı planlanması bu kullanımın daha sağlam ve sürdürülebilir olmasında etkili olabilecektir (Kalaycı Önaç ve Birişçi, 2019).
 - Vandalizm riskleri düşünüldüğünde kör alan (kameraların görme açısına girmeyen bölgeler) kalmayacak tarzda kamera sayısının olmasına önem verilmelidir. Ayrıca aydınlatma ünitelerinin yeterli kalite ve miktarda olması, alanın gece görseline de katkı yapabilecektir. Bu anlamda alanın akşam ziyaretlerine açık olmasıyla da (gün uzunluğuna bağlı olarak özellikle yaz aylarında yerli ve yabancı turistlerin sayısında önemli ölçüde artış olduğu gerçeğinden hareketle) bölgeye ekonomik gelir ve kültürel açıdan katkı sağlanması ön görülmektedir (Priskin, 2001).
 - Yeterli miktarda çöp kovasına tasarımıda yer verilmelidir. Bakım ya da onarımları noktasında planlı ve hassas bir yol izlenmelidir. Ayrıca girilmemesi veya yaklaşılmaması gereken yerler için ciddi önlemler alınması yönünde adımlar atılmalıdır.
 - Peyzajın satih değerini yükselten çim alanlarda bakım ve onarım uygulamaları ile yabancı otlarla mücadele, bir planlama ile aksatılmadan yürütülmelidir.
 - Tarihi alanın güncel esaslı planlanmasında kullanıcı algısı da dahil, çoklu yönetim anlayışı önemsenmelidir (Tianhang vd., 2019).

Kaynaklar

- Çelik, D., Yazgan, M.E., 2007. Kentsel peyzaj tasarımı kapsamında tarihi çevre korumaya yönelik yasa ve yönetmeliklerin irdelenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9(11): 1-10.
- Dai, F.C., Lee, C.F., Zhang, X.H., 2001. GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering Geology*, 61(4): 257-271.
- Eceabat Belediyesi, 2023. <http://www.eceabat.gov.tr/kilitbahir> Erişim: 17.06.2023.
- Erduran Nemutlu, F., 2021. Çanakkale Çimenlik Kalesi'nin tarihi kentsel peyzaj elemanı olarak irdelenmesi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* 9(1): 57-69.
- Jiang, J., Zhou, T., Han, Y., Ikebe, K., 2022. Urban Heritage conservation and modern urban development from the perspective of the historic urban landscape approach: a case study of Suzhou. *Land*; 11(8):1251.
- Kalaycı Önaç, A., Birişçi, T., 2019. Transformation of urban landscape value perception over time: a Delphi technique application. *Environ Monit Assess*, 191: 741.
- Kalpınsız, A., 1981. İstatistik Yöntemler. İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 2837, O.F. Yayın No: 294, İstanbul.
- Kap Yücel, S.D., Salt, E., 2018. Kültürel peyzajların tarihsel süreç içerisindeki değişimlerinin tespiti: Bursa İznik örneği. *Planlama*, 28(1): 40-55.
- Karabudak Ertem, Z., Turgut, H., 2020. Kültürel peyzaj planlaması kapsamında tarihi çevrelere yönelik kentsel tasarım önerileri: Tarihi İspir Kalesi ve İspir Evleri. *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3): 2076-2089.
- Kelkit, A., 2003. Environmental problems and solutions of Canakkale City. *International Journal of Environment and Pollution (IJEP)*, 19(1): 66-74.
- Kırmızı, Ö., Karaman, A., 2021. A participatory planning model in the context of Historic Urban Landscape: The case of Kyrenia's Historic Port Area. *Land Use Policy*, 102: 105130.
- Kliskey, A.D., 2000. Recreation terrain suitability mapping: a spatially explicit methodology for determining recreation potential for resource use assessment. *Landscape and Urban Planning*, 52: 33-43.
- Kurdoğlu, O., Kurdoğlu, B.C., 2010. Determining recreational, scenic, and historical-cultural potentials of landscape features along a segment of the ancient Silk Road using factor analyzing. *Environ Monit Assess* 170: 99-116.
- Likert, R.A., 1932. Technique for the measurements of attitudes. *Archives of psychology*, 140(22): 5-55.
- Mak, B.K.L., Jim, C.Y., 2019. Linking park users' socio-demographic characteristics and visit-related preferences to improve urban parks. *Cities*, 92: 97-111.
- Öksüz, Z.T., Koçan, N., 2022. Çanakkale Hamidiye Tabyaları peyzaj tasarımı projesi. *STAR Sanat ve Tasarım Araştırmaları Dergisi*, 3(4): 145-153.
- Pouya, S., Irani Behbahani, H., 2017. Assessment of the visual landscape quality based on the subjectivist paradigm to design the memorial garden. *Turkish Journal of Forestry*, 18(3): 171-177.
- Priskin, J., 2001. Assessment of natural resources for nature-based tourism: the case of the Central Coast Region of Western Australia. *Tourism Management*, 22: 637-648.
- Sağlık, A., Alkan, Y., Kelkit, A., Çavuşoğlu, G., Sağlık, E., 2016. A design study for functional space analysis in Landscape Architecture. *TMD International Refereed Journal of Design and Architecture*, 9: 97-110.
- Tianhang, Liu., Richard, J., Butler, Chunyan Z., 2019. Evaluation of public perceptions of authenticity of urban heritage under the conservation paradigm of Historic Urban Landscape—a case study of the Five Avenues Historic District in Tianjin, China. *Journal of Architectural Conservation*, 25(3): 228-251.
- Tomczyk, A. M., 2011. A GIS assessment and modelling of environmental sensitivity of recreational trails: the case of Gorce National Park, Poland. *Applied Geography*, 31: 339-351.
- TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. İl ve ilçelere göre il/ilçe merkezi, belde/köy nüfusu ve yıllık nüfus artış hızı, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayal%C4%B1-N%C3%BCfus-Kay%C4%B1t-Sistemi-Sonu%C3%A7lar%C4%B1-2020-37210&dil=1> Erişim: 24.06.2023.
- Türkiye Kültür Portalı, 2023. Kilitbahir Kale Müzesi Çanakkale. <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/canakkale/gezilecekyer/kilitbahir-kalesi> Erişim: 17.06.2023.

Current situation of Citrus Longhorned Beetle [*Anoplophora chinensis* (Forster, 1771)] (Coleoptera: Cerambycidae) in Türkiye and the world

Şükran Oğuzoğlu^{a,*} , İsmet Harman^b , Mustafa Avcı^a 

Abstract: The citrus longhorned beetle *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae), which is considered to be one of the most important pests in the world, is listed in the Plant Quarantine Regulation of Türkiye as a "quarantine pest whose presence in Türkiye is limited and which constitutes an obstacle to import". After this species was first detected in Istanbul in 2014, it was found in Antalya, Bartın, Diyarbakır, Sakarya and Trabzon. *Anoplophora chinensis* which was seen on many tree species, but it prefers generally *Acer* spp., *Platanus orientalis* and *Corylus* spp. in Türkiye. So far, the species has been observed in parks, nurseries and hazelnut production areas. Since it is a polyphagous species and its main host in its native distribution areas is citrus fruits, it is an important threat for ornamental plants and agricultural sectors. It may also pose a threat to broad-leaved species in forest areas in terms of biodiversity. In this study, the current situation of *A. chinensis* in Türkiye and in the world is discussed in detail.

Keywords: Exotic species, Quarantine pest, Wood damage

Türkiye’de ve dünyada Turunçgil Teke Böceği [*Anoplophora chinensis* (Forster, 1771)] (Coleoptera: Cerambycidae)’in güncel durumu

Özet: Dünyada en önemli zararlılar arasında kabul edilen Turunçgil Teke Böceği *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae), ülkemizde Bitki Karantinası Yönetmeliği’ne göre “Türkiye’de Sınırlı Olarak Bulunan ve İthale Mâni Teşkil Eden Karantinaya Tabi Zararlı Organizmalar” arasında yer almaktadır. Türkiye’de 2014 yılında İstanbul’da ilk kez tespit edilmesinin ardından, Antalya, Bartın, Diyarbakır, Sakarya ve Trabzon illerinde bulunmuştur. Birçok ağaç türünde görülen *A. chinensis*, Türkiye’de akçaağaç, çınar ve fındık ağaçlarındaki zararıyla dikkat çekmiştir. Türün şu ana kadar ülkemizde parklar, fidanlıklar ve fındık üretim alanlarında zararı görülmüştür. Polifag bir tür olması ve doğal yayılış alanında esas konukçusunun turunçgiller olması nedeniyle süs bitkileri ve tarım sektörleri için önemli bir tehdittir. Ayrıca orman alanlarındaki geniş yapraklı türler için de biyolojik çeşitlilik açısından tehdit oluşturabilir. Bu çalışmada *A. chinensis*’in Türkiye’deki ve dünyadaki son durumu ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Egzotik tür, Karantina zararlısı, Odun zararı

1. Introduction

The species citrus longhorned beetle, *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae), which is among the "Quarantine Pests Limited in Türkiye and Impeding Imports," is considered one of the most important quarantine pests worldwide (Sjöman et al., 2014; TOB, 2021; EPPO, 2023). In this study, taxonomy, morphology, distribution, host plants, life cycle, damage, control of *A. chinensis* have been given with notes on its current situation in Türkiye.

1.1. Taxonomic classification

Anoplophora chinensis belongs to, family Cerambycidae (subfamily: Lamiinae, tribe: Lamiini) of the order Coleoptera and is one of the 36 species within the genus *Anoplophora* (Lingafelter and Hoebeke, 2002). The species was initially described as *Melanauster chinensis* Forster and it was

reported to be found under this name in China and Japan (Kojima, 1931; Gressitt, 1939; Lieu, 1945). However, some studies suggest that Japan's native species is *A. malasiaca* (Thomson, 1865) and there is a boundary between the distribution areas of *A. chinensis* and *A. malasiaca* in the northern part of Korea (Makihara, 2000; Makihara, 2007; Iwaizumi et al., 2014). Due to taxonomic revisions at both the genus and species levels, the species has several synonyms (CABI, 2023; EPPO, 2023). A revision in 2002 consolidated species within this genus and *A. malasiaca* was considered synonymous of *A. chinensis* (Lingafelter and Hoebeke, 2002; Haack et al., 2010).

1.2. Morphology

Adult: Glossy black in color, with body lengths typically ranging from 17 to 40 mm (Haack et al., 2010). In a study conducted in Istanbul, the length of adults was found to be between 27-34 mm (Hızal et al., 2015). In Trabzon, the

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

^b Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): sukanoguzoglu@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 22.12.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 23.01.2024



Citation (Atıf): Oğuzoğlu, Ş., Harman, İ., Avcı, M., 2024. Current situation of Citrus Longhorned Beetle [*Anoplophora chinensis* (Forster, 1771)] (Coleoptera: Cerambycidae) in Türkiye and the world. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 145-155.

DOI: [10.18182/tjf.1408357](https://doi.org/10.18182/tjf.1408357)

average length of females and males was found 28.6 and 25.4 mm, respectively (Eroğlu et al., 2017). Antennae consist of 11 black segments, with a grey or pale blue stripe at the base of each segment. The average antenna length is 31.1 mm for females and 44.1 mm for males (Eroğlu et al., 2017) (Figure 1).

In males, the forewings narrow towards the tip, while in females, this narrowing is not observed (Lingafelter and Hoebeke, 2002). There are generally 10-20 irregularly shaped white spots on the forewings, but in some individuals, there may be no white spots, while in others, the count can reach up to 60 (Haack et al., 2010). In a study in Trabzon, it was reported that there were 10-12 white spots on the forewings (Göktürk and Kuturoğlu, 2021). In another study in the same region, the average number of white spots was found to be 11-12 in females and 14-15 in males. Male individuals have a higher number of distinct white spots compared to females (Eroğlu et al., 2017). Numerous tubercles are present on the upper side of the forewings. This feature distinguishes *A. chinensis* from *A. glabripennis* (Motschulsky, 1854). However, body length and the white spots on the forewings are similar to *A. chinensis* (Lingafelter and Hoebeke, 2002; Haack et al., 2010; Akita et al., 2021).

Egg: When laid, the eggs of *A. chinensis* are dirty white and later turn creamy-brown. The eggs are long and cylindrical, with a length ranging from 5 to 7 mm (Figure 2) (Haack et al., 2010; Maspero, 2015; Eroğlu et al., 2017; Hızal and Arslangüdoğdu, 2017).

Larvae: In the early stages, the larvae are white, becoming creamy as they mature (Figure 2). They have dark brown mouthparts and two black mandibles (Haack et al., 2010; Maspero, 2015; Eroğlu et al., 2017; Hızal and Arslangüdoğdu, 2017). They are legless (Haack et al., 2010). The abdomen consists of 10 segments. The first segment of the pronotum is wider than the others (Eroğlu et al., 2017). The dorsal side of the pronotum has a brown, flat cuticular layer. This feature helps distinguishing the larvae of *A. chinensis* from *A. glabripennis* (Haack et al., 2010; Maspero, 2015). Mature larvae are 30-50 mm in length (Haack et al., 2010). In a study conducted by Eroğlu et al. (2017) in Trabzon, they found that early-stage larvae reached 5-6 mm and mature larvae reached 50 mm. In their measurements in July, the larvae were 6.0-7.5 mm and by the end of November, they measured 24-37 mm.

Pupa: White in color, with a pale yellow cuticular layer on its surface. Towards the end of the pupal stage, the colour of the pupal case darkens (Maspero, 2015). The length of pupae ranges from 27 to 38 mm (Haack et al., 2010).

1.3. Distribution

The species is native to China, Japan and Korea, it also occurs in Indonesia, Malaysia, Myanmar, Taiwan, the Philippines and Vietnam in the Far East (Yaghi, 1924; Okamoto, 1927; Gressitt, 1951; Adachi, 1988; Waterhouse,

1993; Lingafelter and Hoebeke, 2002; Loomans et al., 2013; Kim et al., 2019; Keena et al., 2021; CABI, 2023; EPPO, 2023). After its first appearance in Italy in 2000, it was subsequently recorded in the Netherlands (2001), France (2003), the United Kingdom (2005), the Netherlands and Croatia (2007), Germany and Lithuania (2008), Denmark (2011), Switzerland (2014) and Türkiye (2014) (Colombo and Limonta, 2001; Hérard et al., 2006; Maspero et al., 2005; van der Gaag et al., 2008; Vukadin and Hrasovec, 2008; van der Gaag et al., 2010; Seebens et al., 2017; CABI, 2023). The species still occurs in France, Croatia, Italy and Türkiye (Hérard et al., 2019; Özdikmen and Şeker, 2021; Branco et al., 2022; EPPO, 2023). In North America, *A. chinensis* was detected in Canada in 1997 and the United States in 1999. However, as a result of eradication and quarantine efforts, no detections of *A. chinensis* have been reported in North America since 2017 (Table 1) (Haack et al., 2010; Hérard and Maspero, 2019; Chambers, 2023).

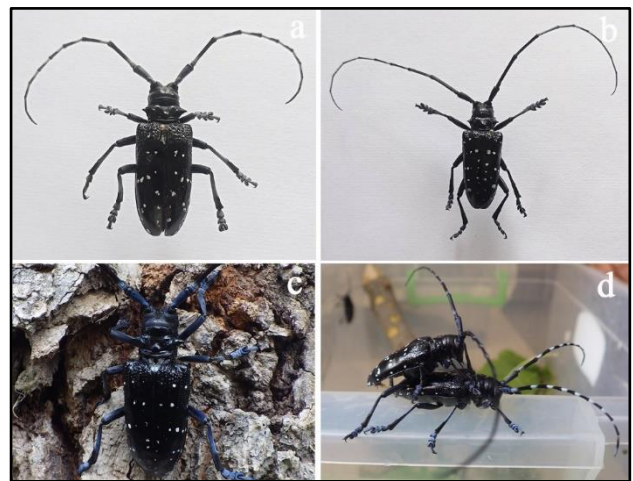


Figure 1. Female (a), male (b), pronotum and tubercles on elytra (c), antenna and legs (d) of *Anoplophora chinensis*. (Photo: M. AVCI, Ş. OĞUZÖĞLU)

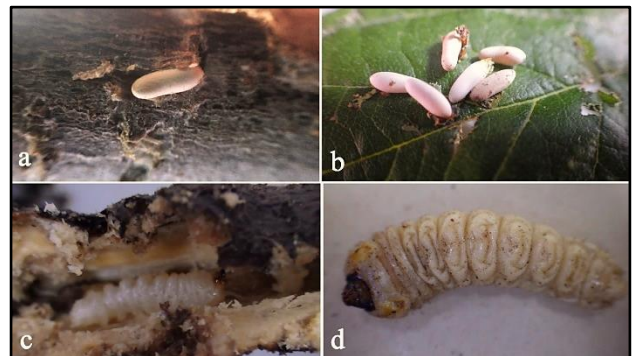


Figure 2. Eggs (a, b), young larvae (c) and mature larva (d) of *Anoplophora chinensis* (Photo: M. AVCI)

Table 1. Worldwide distribution of *Anoplophora chinensis*

Country	First seen year	References (distribution)
Asia		
China	1888	Okamoto, 1927; Gressitt, 1951; Fujiwara-Tsujii et al., 2016; Zhou et al., 2022
Japan	1924*	Yaghi, 1924; Adachi, 1988; Fujiwara-Tsujii et al., 2016; Zhou et al., 2022
Korea	1888	Okamoto, 1927; Fujiwara-Tsujii et al., 2016; Zhou et al., 2022
Indonesia	?	Lingafelter and Hoebeke, 2002; CABI, 2023
Malaysia	?	Hill, 1983; Lingafelter and Hoebeke, 2002; CABI, 2023
Myanmar	1951*	Gressitt, 1951; CABI, 2023
Taiwan	1951*	Gressitt, 1951; CABI, 2023
Philippines	1951	Lingafelter and Hoebeke, 2002; Vitali, 2010; CABI, 2023
Vietnam	1993*	Waterhouse, 1993; CABI, 2023
North America		
Kanada	1997	Haack et al., 2010; Chambers, 2023
ABD	1999	Haack et al., 2010; Chambers, 2023
Europe		
Italy	2000	Colombo and Limonta, 2001; Maspero, 2015; Strangi et al., 2017
Netherlands	2001	Van der Gaag et al., 2008; Loomans et al., 2013; Seebens et al., 2017
France	2003	Hérard et al., 2006
United Kingdom	2005	CABI, 2023
Croatia	2007	Vukadin and Hrasovec, 2008; Vukadin, 2015
Germany	2008	Seebens et al., 2017; CABI, 2023
Lithuania	2008	CABI, 2023
Denmark	2011	Seebens et al., 2017; CABI, 2023
Switzerland	2014	Seebens et al., 2017; CABI, 2023
Türkiye	2014	Hızal et al., 2015; Eroğlu et al., 2017; Topakçı et al., 2017; Yıldız, 2017; TOB, 2021; Özdikmen and Şeker, 2021

*In some countries, the year of the first occurrence of the species could not be found and the date of the first publication was written as the date of the first occurrence.
? It was reported that the species is distributed in some countries, but the year of first occurrence was not found.

The species was added to the quarantine list in the EPPO region in 1994 and to the alert list in the NAPPO region in 2001. It is classified as a quarantine pest in Mexico (America), Morocco and Tunisia (Africa), Norway and Moldova (Europe). It is listed on the A1 list in Kazakhstan (2017) and Russia (2014) (Asia), Ukraine (2019), the United Kingdom (2020) and Switzerland (2019) (Europe). It is classified as a quarantine pest on the A2 list in EPPO and European Union countries (as of 2019) (Table 2).

According to a study using CLIMEX, it has been suggested that, except for the northern parts of the United Kingdom and Sweden, the climate in Europe is suitable for the spread of this species (Robinet et al., 2012). Another study using CLIMEX and Maxent indicates that by the years 2050 and 2070, climate conditions will be suitable for the species to spread in Asia, Europe, America and Oceania continents (Zhou et al., 2022). It can be said that the species has the potential to spread almost worldwide, except for the African continent.

1.4. Host plants

The primary host of the species is citrus (*Citrus* spp.). It is among the major pests of citrus in its native range. Additionally, it has been found on other hosts outside of citrus, including *Casuarina* spp., *Juglans regia*, *Populus* spp., *Salix* spp., *Ulmus* spp. and other forest and fruit trees. In China, it has been observed on over 100 plant species belonging to 29 genera in 19 families (Lim et al., 2014; Sjöman et al., 2014; Huang et al., 2019).

Table 2. Quarantine list of *Anoplophora chinensis* (EPPO, 2023)

Country	List	Addition year
EPPO	A2 list	1994
NAPPO	Alert list	2001
Tunisia	Quarantine pest	2012
Russia	A1 list	2014
EAEU	A1 list	2016
Türkiye	A2 list	2016
Kazakhstan	A1 list	2017
Moldova	Quarantine pest	2017
Mexico	Quarantine pest	2018
Morocco	Quarantine pest	2018
Norway	Quarantine pest	2018
EU	A2 Quarantine pest (Annex II B)	2019
Switzerland	A1 list	2019
Ukraine	A1 list	2019
United Kingdom	A1 list	2020
EU	Emergency measures (formerly)	2022

Outside its native range, the species has been found on a broader range of hosts, with approximately 180 hosts belonging to 87 genera identified (Lim et al., 2014; Sjöman et al., 2014; Huang et al., 2019; Branco et al., 2022; EPPO, 2023). It has also been found on needle-leaved trees such as *Pinus* and *Cryptomeria* species (Lingafelter and Hoebeke, 2002). In addition to citrus species, it is mostly found on a variety of broad-leaved trees, including *Acer* spp. (maple), *Aesculus hippocastaneum* (horse chestnut), *Alnus* sp. (alder), *Betula* sp. (birch), *Carpinus* sp. (hornbeam), *Cornus* sp. (dogwood), *Corylus avellana* (hazel), *Cotoneaster* sp. (cotoneaster), *Crataegus* sp. (hawthorn), *Fagus* sp. (beech), *Lagerstroemia* sp. (crape myrtle), *Liquidambar* sp. (sweetgum), *Malus* sp. (apple), *Platanus* spp. (plane tree), *Populus* sp. (poplar), *Prunus* sp. (cherry), *Pyrus* sp. (pear), *Quercus* sp. (oak), *Rhododendron* sp. (rhododendron), *Rosa* sp. (rose), *Salix* sp. (willow), *Sorbus* sp. (rowan), *Ulmus* sp.

(elm) (Sjöman et al., 2014; Huang et al., 2019). In Europe, it has been most frequently encountered on maple, birch, and hazelnut species (Maspero, 2015). Moreover, since this pest is spread through the transportation of live plant materials, it is found in many plant species used in landscaping, forestry, and agriculture. Due to the wide variety of hosts, it has the potential to infest all broad-leaved tree species. It differs in this respect from *A. glabripennis*, which is mostly transported to new areas through wooden packaging materials (Haack et al., 2010). Both pest species have been mostly found on various hardwood trees such as maple, citrus, willow, etc. (Fukaya, 2003). In Türkiye, *A. chinensis* has been found on *Acer palmatum*, *A. saccharum*, *A. negundo*, *A. platanoides*, *Aesculus hippocastaneum*, *Carpinus betulus*, *Corylus* spp., *Fraxinus* spp., *Melia azedarach*, *Platanus orientalis*, *Populus nigra*, *Rosa* spp., *Rubus* spp., *Salix caprea*, *S. babylonica* (Hızal et al., 2015; Eroğlu et al., 2017; Hızal and Arslangünođdu, 2017; Topakcı et al., 2017; Usta et al., 2017; Yıldız, 2017; Özdikmen and Şeker, 2021; Turan and Erdoğan, 2022).

1.5. Life cycle

The number of generation and longevity of *A. chinensis* are influenced by climate factors, especially temperature, as well as feeding conditions and the timing of egg laying. It typically completes its life cycle in one year, but if the larval stage lacks sufficient nutrition, it may take two years (Haack et al., 2010; Maspero, 2015). In Northern Italy, it has been reported that the species can complete its development in two years due to delayed hatching associated with temperature (Maspero, 2015). In the United Kingdom and the Netherlands, it is reported that the species can take a minimum of 2 years and mostly 3-4 years to complete its development (Eyre et al., 2010). In Japan, the species has been found to have 1-2 generations and the timing of egg laying influences the number of generation and longevity (Adachi, 1994). There is variation in longevity and number of generations among individuals within the species. In Japan, it has been reported that 57% of larvae complete their development at 20 °C (Adachi, 1994). Egg laying and hatching are reported to be directly proportional to temperature (Adachi, 1988). Therefore, biological periods are intertwined in the development of the species (Figure 3).

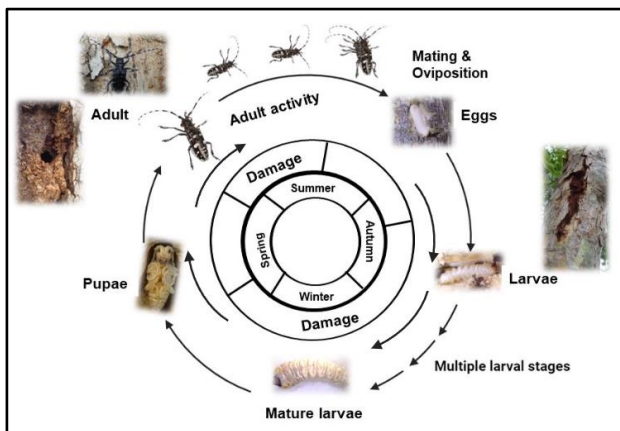


Figure 3. Life cycle and damage signs of *Anoplophora chinensis* (Ş. OĞUZOĞLU)

As with other insect species, temperature plays a significant role in the adult and egg stages of this species. The longevity and fertility of adults are influenced by temperature and the host plant (Keena et al., 2021). Adults can be observed from April to December depending on temperature. However, they are most intensively detected during the period between May and July. Approximately 10-15 days before mating, they feed on shoots, branches and leaves for maturation (Maspero, 2015; Eroğlu et al., 2017). In a laboratory study conducted under different temperature conditions, the maximum longevity of females was found to be at 42 and 33°C and for males, it was at 42 and 39°C in China and Italy, respectively (Keena et al., 2021). In a field study on *Citrus* sp., it was reported that adults survived for approximately 77 days and engaged in feeding for about 9 days (Adachi, 1988). Another study found variations in longevity on different hosts (117.0±31 days in the *Citrus unshiu*, 82.0±19 days in the *Vaccinium cyanococcus* and 32.0±9.2 days in the *Salix schwerinii*) duration at 24°C (Fujiwara-Tsujii et al., 2016).

Yanagihara (1937) determined that a female laid 70-80 eggs on *Casuarina equisetifolia*, while Adachi (1988) found that a female on *Citrus* sp. laid 91-321 (average 194) eggs (van der Gaag et al., 2010). In another study, fecundity was found to vary among *Acer*, *Citrus* and *Platanus* host tree species, with females laying between 60-140 eggs (Iwaizumi et al., 2014). Under laboratory conditions, the optimal temperature range for females to lay eggs was found to be between 15-30°C (Keena et al., 2021).

Females typically lay eggs in the root collar, exposed roots and the lower part of the stem near the root. They create a crack in the bark and deposit only one egg in it. When the shell of this crack dries, it cracks, taking on a T-shape (Haack et al., 2010; Maspero, 2015). The eggs hatch approximately 1-2 weeks after being laid in the summer months. Calculations based on a thermal constant value of 6.7 °C indicate that 184 degree-days are required for 50% of *A. chinensis* eggs to hatch (Huang et al., 2003).

Larvae primarily feed by creating oval-shaped galleries in the cambium layer and later in the living wood and heartwood. They discard feeding frass near the location where the eggs were laid (Maspero, 2015). Larval development is completed after 11 instars. The majority of individuals spend the winter in the larval stage (Keena and Richards, 2022). Mature larvae pupate at the end of spring or the beginning of summer at the end of the feeding galleries. Adults emerge from holes they open in a circular shape, ranging from 6 to 20 mm (average 10-15 mm) (Figure 4) (Haack et al., 2010; Maspero, 2015).

While females of *A. glabripennis* deposit their eggs beneath the bark by chewing funnel-shaped holes in the bark, *A. chinensis* only chews cracks and lays its eggs in the bark. There are also differences in the preferred oviposition sites on the tree between the species: *A. glabripennis* favours the upper trunk and main branches (Haack, 2006), whereas *A. chinensis* prefers the lower trunk, root collar, or exposed roots (Hérard et al., 2006; Sjöman et al., 2014). Additionally, the emergence periods of adults are similar for both species (Akita et al., 2021; Sunamura et al., 2022).



Figure 4. Exited from bark (a), mating (b, c, d), egg laying (e, f) and T-shaped oviposition (g, h) of *Anoplophora chinensis* (Photo: M. AVCI, Ş. OĞUZÖĞLU)

1.6. Damage

During the adult stage, the species feeds on shoots, while in the larval stage, it feeds on the roots and stems of trees (Haack et al., 2010; Eroğlu et al., 2017). The species can cause damage to both large and small-diameter trees. It tends to avoid very small-diameter stems for oviposition. However, studies have identified larvae in stems with a diameter of 1-3 cm. Although larval density is low in young trees or those with a small diameter, it can still lead to the death of the tree (Lieu, 1945; Haack et al., 2010; van der Gaag et al., 2010).

Anoplophora chinensis, a primary pest, may attack both healthy and stressed trees (Haack et al., 2010). As it spends the winter in the larval stage, the damage during this period is more significant. During the larval stage, it feeds inside the wood, creating elliptical, broad cavities and causes damage to the tree's vascular bundles, leading to its death. The length of the cavities created by larvae can reach up to 12 cm (Eroğlu et al., 2017). Additionally, larval feeding reduces the quality of the wood. When larval density is high in a tree, the severity of the damage increases, making the host trees more prone to breakage and tipping. Furthermore, *A. chinensis* larvae can feed from the lower part of the trunk to the root area (Branco et al., 2022). The sawdust and frass produced by larval feeding inside the wood are expelled through holes in the bark and cracked areas (Maspero, 2015). In a study with 52 larvae completing their development in tall saplings and young

trees, it was found that the larvae consumed an average of 26.98% of the wood volume in the trunk and main root (Eroğlu et al., 2017). The same study also indicated that *A. chinensis* causes damage in the underground parts of the roots, reaching up to 15.5 cm below ground. After completing the pupal stage inside the wood, the emerging adults feed on fresh shoots and branches. Due to the short duration of the adult stage, the severity of damage in these parts of the tree is relatively low (Figure 5).

Due to the diversity of host plants, which is among the factors that affect the severity of damage (Haack et al., 2010; Jucker and Lupi, 2011; Sjöman et al., 2014; Branco et al., 2022), controlling its spread can be challenging, as host diversity increases the rate of spread and decreases the chances of success in control efforts (Zhou et al., 2022). In China, it mainly prefers *Citrus* species but has caused significant economic losses in other fruit tree species as well (Adachi, 1989; Haack et al., 2010). In the areas it infests, it is mostly detected in *Acer* species (van der Gaag et al., 2010). Additionally, in Europe (France, Croatia, Italy, Germany, Denmark, Switzerland and Netherlands), it has caused losses in deciduous species such as *Aesculus hippocastanum*, *Corylus* spp., *Lagerstroemia indica*, *Populus* spp., *Salix* spp. and *Ulmus* spp. besides *Acer* species (van der Gaag et al., 2010; Marchioro et al., 2022).

The rate of species spread also effects the severity of damage. While most adults tend to stay close to the tree from which they emerged, it has been observed that they can disperse up to 1-3 km (Haack et al., 2010). According to predictive scenarios, the time elapsed for the species to be detected after entering a tree is estimated to be 4.9 years in agricultural and urban green areas and 8.4 years in forested areas (Baker et al., 2019).

1.7. Control

1.7.1. Eradication studies

The most used management strategies for *A. chinensis* include eradication efforts and preventing its spread by halting live plant imports from countries where the species is present or by controlling imported plants (Brabbs et al., 2015). As with other wood-boring insects, detecting *A. chinensis* without exit holes can be challenging, necessitating the removal of potentially infested trees from the area (Haack et al., 2010; Straw et al., 2015; Xu and Teale, 2021). However, despite successful eradication efforts preventing the insect's spread and damage, these studies are often evaluated inefficient in terms of time, cost and labour. Additionally, implementing eradication efforts on a large scale can be socially and ecologically problematic. Eradication may be preferable in small parks or limited areas with a confined distribution and recent discoveries. Eradicating *A. chinensis* is more challenging compared to *A. glabripennis* because *A. chinensis* can cause damage up to the roots, making removal of these parts difficult (Eroğlu et al., 2017). Although eradication efforts reduce its harm and rate of spread, vigilance in implementing internal and external quarantine measures during live plant transport is crucial in conjunction with control measures (Branco et al., 2022).

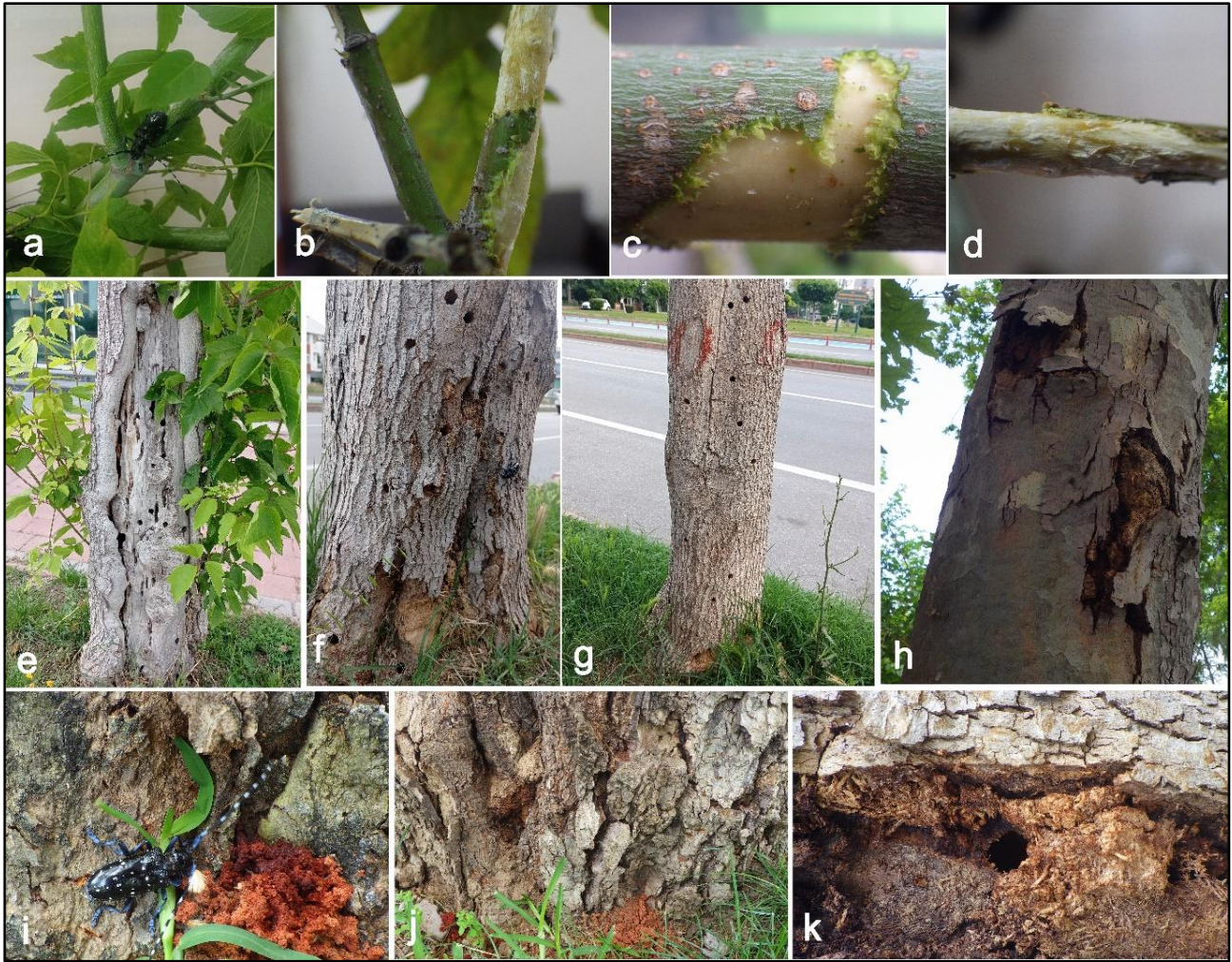


Figure 5. Damage of *Anoplophora chinensis*: Maturation feeding damage (a, b, c and d), exit holes (e, f and g), crack in the bark and frass of an inner larval galleries (h), exit frass (i and j), exit hole and frass (k) (Photo: Ş. OGUZOĞLU)

In Italy, where it was first detected in Europe, eradication efforts have been implemented to prevent its spread within the country and entry into other countries. Over 18 000 plants have been destroyed in eradication efforts, with approximately 12 million Euros spent in Italy (Jucker and Lupi, 2011). In Europe, eradication efforts have been carried out in an area of approximately 600 km² from 2008 to 2020 (Branco et al., 2022). Between 2001 and 2008, 3 million dollars were spent on monitoring and control efforts for *A. chinensis* in Europe (Haack et al., 2010). In Italy (Lombardy region), budget for eradication and control studies in 2008-2013 is approximately 19 million dollars (Hérard and Maspero, 2019). In the United States and Canada, over 398 million dollars have been spent on eradication efforts for thousands of trees at risk of infestation (Warren et al., 2009). Eradication efforts in Europe and North America have achieved success rates of over 45% and subsequent detections of the species have not been reported in outbreak areas in North America since 2007 (Hérard and Maspero, 2019; Hoppe et al., 2019; Marchioro et al., 2022).

1.7.2. Pheromone studies

Due to the lack of a specific pheromone blends for *A. chinensis*, pheromone blends for *A. glabripennis* are used in pheromone trapping (Fukaya et al., 1999; Yasui et al., 2003; Haack et al., 2010; van der Gaag et al., 2010; Maspero, 2015; Marchioro et al., 2022). However, studies have been conducted on determining the sex pheromones of *A. chinensis* (Wang, 1998; Hansen et al., 2015). It has been found that the component 4-(n-heptyloxy) butanal, which is present in the attractive pheromone structure produced by male individuals of *A. glabripennis*, is also present in the pheromone structure of male *A. chinensis*. It has been suggested that this component should be used in control efforts against *A. chinensis* (Hansen et al., 2015). In a study conducted in Italy, *A. glabripennis*-pheromone lures specific were tested for their efficacy against in *A. chinensis* using three different trap models (multi-funnel, 3-baited and multi-baited trap), three different pheromone lure types (Glabriwit, Chemtica and Snergy) and two different trap placement configurations. The results indicated that the pheromone types had similar trapping performance and that Glabriwit and Snergy pheromones were more effective when used with the Econex trap type (Marchioro et al., 2022).

1.7.3. Enemies and biological control

Eradication studies aside, various methods such as chemical injection, pheromone traps and others are used (Xu and Teale, 2021). However, it is known that effective biological control is known to be both environmentally friendly and cost-effective in the long term (Fernandez-Conradi et al., 2021). There are studies on parasitoid and predator species that target the species (Table 3) (Delvare et al., 2004; Brabbs et al., 2015; Wang et al., 2021; Wang et al., 2022). An egg parasitoid (*Aprostocetus fukutai*) and a larval parasitoid (*Scleroderma sichuanensis*) of the species have been identified in China and Japan. *Aprostocetus fukutai* Miwa & Sonan, 1935 (Hymenoptera: Eulophidae) has been reported to be effective in citrus orchards in Southern China, with an efficacy rate of up to 80% on *A. chinensis* (Hérard et al., 2017; Wang et al., 2022). *Scleroderma sichuanensis* Xiao (Hymenoptera: Bethyilidae) has been reported to parasitize *A. chinensis* larvae at a rate between 5-44% (Du et al., 2006). In Italy, the egg parasitoid *A. anoplophorae* Delvare (Hymenoptera: Eulophidae) was found to parasitize 72% of the eggs (Delvare et al., 2004). Additionally, in Italy, two larval parasitoids [*Spathius erythrocephalus* Wesmäl (Hymenoptera: Braconidae) and *Trigonoderus princeps* Westwood (Hymenoptera: Pteromalidae)] have been identified (Hérard et al., 2005; Maspero et al., 2005).

Entomopathogenic nematodes, specifically *Steinernema feltiae* Filipjev (Rhabditida: Steinernematidae) and *S. carpocapsae* species, have been inoculated into larvae, pupae and adults of *A. chinensis*, resulting in 94-100% mortality in larvae (Jinshui et al., 1997). Application methods involving nematode control have been reported as effective (Brabbs et al., 2015). In a laboratory study using different virulence of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales), mortality ranging from 40-96.7% was observed in *A. chinensis* larvae (Cai et al., 2012). In a study conducted in China, two different applications were carried out using *Beauveria brongniartii* Petch (Hypocreales: Cordycipitaceae) on the entire tree and half of the tree, resulting in 84-100% mortality in the whole-tree application and 55-73% mortality in the half-tree application (Tsutsumi et al., 1990; Brabbs et al., 2015).

The parasitic beetle *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) (Coleoptera: Bothrideridae) has been used in control studies of *A. chinensis* in citrus orchards in China, focusing on its adults and eggs and has been reported to be successful (Zhang and Wang, 2019). This species is effective against late-stage larvae and young adults, parasitizing both *A. chinensis* and *A. glabripennis*. However, the host selectivity of *D. helophoroides* has been identified and its effectiveness on *Acer* trees is found to be low (Brabbs et al., 2015).

In China, the ant species *Oecophylla smaragdina* (Fabricius) (Hymenoptera: Formicidae) has been reported to feed on *A. chinensis* larvae and has been successful in control efforts. However, due to being a tropical species, its suitability for use in Europe is considered inappropriate (Brabbs et al., 2015; Zhang and Wang, 2019). Some woodpecker species have been found to feed on *A. glabripennis*, reducing the pest population by 31-79%. Accordingly, it has been suggested that a pair of woodpeckers would be effective in controlling *A. glabripennis* in an area of approximately 100 hectares (Li et al., 2000; Zhu, 2002). The invasive nature of *A. chinensis* makes it challenging to find a suitable and effective biological agent in nature.

Additionally, the broad host preference of the pest complicates the ability of natural enemies to locate the target, making biological control more difficult (Haack et al., 2010; Xu and Teale, 2021).

1.7.4. Scent detection dogs

In Austria, trained dogs with odour and sound sensitivity have been used since 2010 for the detection of *A. glabripennis* as part of a management project. Dogs have also been employed for the detection of *A. chinensis* in Croatia, Germany, Italy, Netherlands and Switzerland. In the Netherlands, dogs examined 15,000 maple seedlings imported from China within three days, detecting five plants infested with *A. chinensis* (Hoyer-Tomiczek and Sauseng, 2013).

1.7.5. Mechanical control

In Rome, Italy, following the detection of *A. chinensis* in 2008, mechanical control measures were implemented in areas where eradication efforts were not feasible to preserve and sustain the city's tourism value. As part of the mechanical control, the trunks and root areas of trees were covered with mesh screens and wire fences to prevent adult beetles from spreading to other trees (Roselli et al., 2013). This practice can be applied in areas where eradication efforts are not feasible or in small-scale areas. In the Lombardy region of Italy, 1 229 infested trees were identified and 215 of these trees were treated by cutting them at ground level to ensure the loss of vitality in the stumps. Additionally, to prevent the spread of adults, the trunks of the remaining uncut trees were covered with iron nets up to one meter above the ground, creating a physical barrier (Caremi and Ciampitti, 2006).

2. The Current Status of *Anoplophora chinensis* in Türkiye

In Türkiye, it was first detected in Şile-İstanbul Kumbaba Nursery on 12 June 2014 (Hızal et al., 2015). After the first detection, a pest risk analysis was conducted, the species was moved from Annex-1-A "Quarantine pests unknown to exist in Türkiye and preventing import" to Annex-1-B "Quarantine pests with limited presence in Türkiye and preventing import" in the Plant Quarantine Regulation. Measures to prevent the spread of the species were outlined in the "Regulation on the Control of Sudden Oak Death and Pine Needle Cast Disease, Citrus Longhorn Beetle and Chestnut Gall Wasp", published in the Official Gazette on 17 June 2014 (Bozkurt, 2018). The increase in its spread was observed in the Şile district of İstanbul (Altunışık, 2015) and it was also found in Zeytinburnu, Ataşehir, Beykoz, Sultanbeyli, Bahçeşehir, Beşiktaş, Eyüp Sultan, Fatih, Gaziosmanpaşa and Sultangazi districts (Hızal and Arslangündoğdu, 2017; İBB, 2023). In addition to İstanbul, the species was observed in a private nursery in Bartın in 2014 (Yıldız, 2017). In Trabzon, it was detected in 2016 at the Atasu nursery of Trabzon Municipality (Eroğlu et al., 2017). In 2018, it was detected in hazelnut orchards in the Esiroğlu, Öğütlü, Bahçekaya, Günay and Alaçam districts of Maçka (Bozkurt, 2018; Göktürk and Kuturoğlu, 2021; İlarlan, 2022). In Antalya, the presence of the species was confirmed in the Mediterranean University campus garden and phylogenetic analyses indicated that the population

originated from China (Topakcı et al., 2017). In addition, it was recorded in Sakarya in 2020 (TOB, 2021) and its presence was documented in Diyarbakır in 2021 (Özdikmen and Şeker, 2021).

The main host in Türkiye is *Acer* spp. and it has been identified in *Acer palmatum*, *A. saccharum*, *A. negundo*, *A. platanoides*, *Aesculus hippocastaneum*, *Carpinus betulus*, *Corylus* spp., *Fraxinus* spp., *Melia azedarach*, *Platanus orientalis*, *Populus nigra*, *Rosa* spp., *Rubus* spp., *Salix caprea*, *Salix babylonica* so far (Hızal et al., 2015; Eroğlu et al., 2017; Hızal and Arslangündoğdu, 2017; Topakcı et al., 2017; Usta et al., 2017; Yıldız, 2017; Özdikmen and Şeker, 2021; Turan and Erdoğan, 2022). Mostly detected in urban green areas, the species has reached agricultural areas in Trabzon and has also been observed in hazelnut production areas as well (Usta et al., 2017; Bozkurt, 2018; Göktürk and Kuturoğlu, 2021; İlarıslan, 2022).

Following the first detection of the species in Türkiye, teams from the Provincial Directorate of Agriculture and Forestry and the Directorate of Parks and Gardens of the Metropolitan Municipality in İstanbul carried out eradication works in urban green areas, targeting ornamental plants (mostly maple, willow, poplar, and plane trees). Infested trees were marked, cut down, chipped, and burned. Due to objections against tree cutting, in addition to eradication efforts, a micro-injection application of Imidacloprid SC 350, a larvicide, was carried out. The green parts of the trees were also during the flight period of the adults. The application of the pesticide has been successful and a reduction in the population has been reported (Altunışık, 2015; Bozkurt, 2018; Antalya Municipality Parks and Gardens Directorate, personal communication). *Anoplophora chinensis* was first detected in Antalya, Muratpaşa district, on 30 May 2016 by the Provincial Directorate of Agriculture and Forestry of Antalya. Subsequently, it was also detected in the municipalities of Kepez and Konyaaltı. In these areas, detection surveys were conducted in a 6 847 da areas, resulting in the destruction of 137 plane trees and 92 maple trees. In addition, in 2020, the species was found on plane trees in the Manavgat district and 40 plane trees in the area were eradicated. Insecticides have been sprayed on the canopy of trees in areas where the pest is present. The applied insecticides in the area have been stated to be effective. It has also been reported that examination studies are continuing (AİTOM, 2023). In 2017, Muratpaşa Municipality reported the destruction of 15 trees (Hürriyet, 2023). The Antalya Metropolitan Municipality Parks and Gardens Directorate teams have conducted chemical control studies, and it has been stated that adults died following chemical control (Parks and Gardens Directorate, personal communication). Furthermore, the species was identified at the molecular level after it was detected in the Akdeniz University campus garden (Topakcı et al., 2017). In Bartın, damage caused by *A. chinensis* adults was observed on three maple species (*Acer palmatum*, *A. negundo* and *A. platanoides*) in a private nursery and emergence holes of adults were observed (Yıldız, 2017).

Damage caused by *A. chinensis* in hazelnut fields in Trabzon was first detected in Maçka, Esiroğlu locality, where a risk of infestation was identified in an area of 1 082 da (decars). As a result, the Trabzon Provincial Directorate of Agriculture and Forestry quarantined a 2 km diameter area in this region. Hazelnut growers and technical personnel were informed about the importance of the pest. In 2018, a

chemical control study was conducted in by relevant institutions and the Trabzon Metropolitan Municipality in an area of 400 da. The risk area was determined to be 3 565 da in 2020 and chemical control measures were implemented in 760 da. Eradication measures were carried out in 2020-2021 in the districts of Esiroğlu, Öğütlü, Bahçekaya, Günay, Alaçam in an area of 3 266 da. The eradication process began with the felling of infected trees and the controlled burning of the felled trees within the quarantine zone. According to the regulation published by the Ministry of Agriculture and Forestry in the Official Gazette on 2 December 2020 (İlarıslan, 2022), the farmers were paid approximately 130 000 Euro (~831 thousand TL) in 2019 and approximately 3 million Euro (~24 million TL) in 2020 as quarantine compensation. In the same area, a pheromone trial was conducted in June 2019 using three pheromone traps and plastic bottle traps, but it was not effective. It has been stated that the pest in Trabzon has an annual flight range of 400 metres, highlighting the speed of spread of the species (Göktürk and Kuturoğlu, 2021).

3. Conclusion

The species *A. chinensis* is an economically and ecologically significant quarantine pest. Although it is listed in the EPPO (2023) and CABI (2023) sources as "**Present, Transient under eradication**" for our country, this species is established in specific regions. In İstanbul, where *A. chinensis* was first detected, there have been significant losses of trees in parks and gardens. Many trees in parks have been cut down due to the damage caused by this species in Antalya. The damage caused by the species in these provinces will have a negative effect on the production of ornamental plant and the development of the landscaping sector. In the Eastern Black Sea region, it was first identified in Trabzon and quickly moved from the nursery area to hazelnut orchards, becoming the most important pest in hazelnut production in the region. It has caused both production losses and the death of hazelnut trees. In addition to hazelnuts, the main host plants of this insect in its native habitat are citrus species. Potential damage to citrus fruits in the Mediterranean region in Türkiye could result in severe economic losses similar to those observed in hazelnuts. It can also affect agricultural sectors other than hazelnut and citrus and the ornamental plant sectors. It may prefer broad-leaved species in forest areas and pose a threat to biodiversity. This pest may also pose a threat to broad-leaved species used as non-wood forest products.

Monitoring and control efforts in the identified regions, as well as monitoring activities for early detection and intervention in undetected areas, are considered crucial to controlling the spread of the insect.

Acknowledgement

We would like to thank Antalya Metropolitan Municipality Directorate of Parks and Gardens, Antalya Provincial Directorate of Agriculture and Forestry and İstanbul Metropolitan Municipality Department of Parks, Gardens and Green Areas officials for sharing the information with us.

References

- Adachi, I., 1988. Reproductive biology of the white-spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca* Thomson (Coleoptera: Cerambycidae), in citrus trees. *Applied Entomology and Zoology*, 23(3): 256-264.
- Adachi, I., 1989. Spatial distribution and mortality process of *Anoplophora malasiaca* (Coleoptera: Cerambycidae) eggs in citrus groves. *Population Ecology*, 31: 343-352.
- Adachi, I., 1994. Development and life cycle of *Anoplophora malasiaca* (Thomson) (Coleoptera: Cerambycidae) on citrus trees under fluctuating and constant temperature regimes. *Applied Entomology and Zoology*, 29: 485-497.
- AITOM (Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Verileri), 2023. *Anoplophora chinensis*'in Antalya'daki son durumu. Antalya Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Verileri.
- Akita, K., Katô, T., Yanagi, T., & Kubota, K. 2021. Reports of the alien species *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky, 1853) (Coleoptera, Cerambycidae) found in Hyogo pref., Japan. *Monthly Journal of Entomology (Japan)*, 60(1): 41-45.
- Altunışık, S., 2015. *Anoplophora chinensis*, Turunçgil teke böceği, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Park Bahçe Yeşil Alanlar Daire Başkanlığı, https://yesil.istanbul/haber_turunçgil-uzun-antenli-bocegi-mucadelesi
- Baker, R., Gilioli, G., Behring, C., Candiani, D., Gogin, A., Kaluski, T., Kinkar M, Mosbach-Schulz, O., Neri, F.M., Preti, S., Rosace, M.C., Siligato, R., Stancanelli, G. Tramontini, S. 2019. *Anoplophora chinensis* Pest Report to support ranking of EU candidate priority pests. EFSA (European Food Safety Authority). Doi: 10.5281/zenodo.2785766
- Bozkurt, V. 2018. İstilacı böcek türlerinin mücadelesinin yönetimi: *Anoplophora chinensis* (forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae) örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(ENFİTO 2018): 25-31
- Brabbs, T., Collins, D., Hérard, F., Maspero, M., Eyre, D. 2015. Prospects for the use of biological control agents against *Anoplophora* in Europe. *Pest Management Science*, 71(1): 7-14.
- Branco, S., Faccoli, M., Brockerhoff, E.G., Roux, G., Jactel, H., Desneux, N., Gachet, E., Mouttet, R., Streito, J.C., Branco, M. 2022. Preventing invasions of Asian longhorn beetle and citrus longhorn beetle: are we on the right track? *Journal of Pest Science* 95: 41-66. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01431-x>
- CABI, 2023. *Anoplophora chinensis*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.5556>, Accessed: 17.11.2023.
- Cai, S., He, X., Zeng, L., Huang, J., Zhong, J., Ji, B. 2012. Susceptibility of *Anoplophora chinensis* larvae to the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*. *Chinese Journal of Biological Control*, 28(2): 293.
- Caremi, G., Ciampitti, M. 2006. *Anoplophora chinensis* in Lombardia region: spread and control strategies. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 27-29 Marzo, Riccione, Italy, pp. 205-210.
- Chambers, B. 2023. Citrus Longhorned Beetle Program. Environmental Assessment: April 2002, United States Department of Agriculture, King County, Washington, DC, USA. Available online: https://www.aphis.usda.gov/plant_health/ea/downloads/clb.pdf
- Colombo, M., Limonta, L. 2001. *Anoplophora malasiaca* Thomson (Coleoptera Cerambycidae, Lamiinae, Lamiini) in Europe. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 33: 65-68.
- Delvare, G., Bon, M. C., Hérard, F., Cocquempot, C., Maspero, M., Colombo, M., 2004. Description of *Aprostocetus anoplophorae* n. sp. (Hymenoptera: Eulophidae), a new egg parasitoid of the invasive pest *Anoplophora chinensis* (Förster) (Coleoptera: Cerambycidae). In *Annales de la Société Entomologique de France*, 40(3-4): 227-233.
- Du, K.S., Zhou, Z.J., Yang, W., 2006. Experiment in the control of *Anoplophora chinensis* Forster with *Scleroderma sichuanensis* Xiao. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 34: 3104-3105.
- Eroğlu, M., Coşkun, K. A., Usta, Y., 2017. *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae) found in Trabzon, Turkey; its description, growth and damage. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(4): 565-579.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), 2023. *Anoplophora chinensis*. <https://gd.eppo.int/taxon/ANOLCN/distribution>, Accessed: 17.11.2023.
- Eyre, D., Cannon, R., McCann, D., Whittaker, R., 2010. Citrus longhorn beetle, *Anoplophora chinensis*: an invasive pest in Europe. *Outlooks on Pest Management*, 21(4): 195-198.
- Fujiwara-Tsujii, N., Yasui, H., Tanaka, S., 2016. Comparison of fecundity and longevity of *Anoplophora malasiaca* (Coleoptera: Cerambycidae) adults fed on three different host-plants. *Entomological Science*, 19(3): 201-206.
- Fukaya, M., Akino, T., Yasuda, T., Tatsuki, S., Wakamura, S., 1999. Mating sequence and evidence for synergistic component in female contact sex pheromone of the white-spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca* (Thomson) (Coleoptera: Cerambycidae). *Entomological Science*, 2: 183-187.
- Fukaya, M., 2003. Recent advances in sex pheromone studies on the white-spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca*. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 37(2), 83-88.
- Göktürk, T., Kuturoğlu, C., 2021. Turunçgil Uzun Antenli Böceği (*Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera; Cerambycidae))'in Morfolojisi, Biyolojisi ve Mücadele Çalışmaları. *Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler- II* (Ed: Prof. Dr. K. Özrenk, Dr. İ. Tozlu), Gece Kitaplığı, Ankara, s: 317-335.
- Gressitt, J. L. 1939. Study of Longicorn Beetles of Kwangtung Province, South China (Coleoptera, Cerambycidae). *Lingnan Science Journal*, 18(1): 55-56.
- Gressitt, J. L. 1951. Longicorn beetles of China. *Longicornia*, 2: 1-667.
- Haack, R.A., 2006. Exotic bark- and wood-boring Coleoptera in the United States, recent establishments and interceptions. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 269-88.
- Haack, R.A., Hérard, F., Sun, J., Turgeon, J.J., 2010. Managing invasive populations of Asian longhorned beetle and citrus longhorned beetle: a worldwide perspective. *Annual Review of Entomology*, 55: 521-546.
- Hansen, L., Xu, T., Wickham, J., Chen, Y., Hao, D, Laerence, M.H., Millar, J.G., 2015. Correction: Identification of a Male-Produced Pheromone Component of the Citrus Longhorned Beetle, *Anoplophora chinensis*. *Plos One* 10(12): e0145355.
- Hérard, F., Bon, M. C., Maspero, M., Cocquempot, C., Lopez, J., 2005. Survey and evaluation of potential natural enemies of *Anoplophora glabripennis* and *A. chinensis*. In *Proceedings 16th US Department of Agriculture interagency research forum on gypsy moth and other invasive species*, 18-21 January, USA.
- Hérard, F., Ciampitti, M., Maspero, M., Krehan, H., Benker, U., Boegel, C., Schrage, R., Bouhot-Delduc, L., Bialooki, P. 2006. *Anoplophora* species in Europe: infestations and management processes. *EPPO Bulletin*, 36: 470-474.
- Hérard, F., Maspero, M., Bon, M. C. 2017. Accidental introduction into Italy and establishment of *Aprostocetus fukutai* (Hymenoptera: Eulophidae) in citrus longhorned beetle infestations. In *Proceedings of the 5th International Symposium on Biological Control of Arthropods*, 11-15 September, Langkawi, Malaysia, pp. 15-18.
- Hérard, F., Maspero, M. 2019. History of discoveries and management of the citrus longhorned beetle, *Anoplophora chinensis*, in Europe. *Journal of pest science*, 92(1): 117-130.
- Hızal, E., Arslangündoğdu, Z., Göç, A., Ak, M., 2015. Türkiye istilacı yabancı böcek faunasına yeni bir kayıt *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 65(1): 7-10.
- Hızal, E., Arslangündoğdu, Z., 2017. Biological observations for invasive alien insect species *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771). *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(2): 227-233.

- Hill, D.S. 1983. Agricultural insect pests of the tropics and their control, 2nd Edition, 444 p. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Hoppe, B., Schrader, G., Kinkar, M., Vos, S. 2019. Pest survey card on *Anoplophora chinensis*. EFSA Supporting Publications, 16(12): 1747E.
- Hoyer-Tomiczek, U., Sauseng, G., 2013. Sniffer dogs to find *Anoplophora* spp. infested plants. Journal of Entomological and Acarological Research, 45(1s): 10–12
- Huang, J., X. He, B. Ding, D. Xu, M. Gao. 2003. Study on development of pupa and adult supplement nutrient of *Anoplophora chinensis*. Scientia Silvae Sinicae, 39: 148–152.
- Huang, Y.H., Huang, H.Y., Qian, M.H., Huang, H.H., 2019. Research on host selection of *Anoplophora chinensis*. Journal of Environmental Entomology, 41(2): 323-328.
- Hürriyet, 2023. Turunçgil uzun antenli teke böceği Uzakdoğu'dan geldi! Antalya alarmında. <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/uzakdogudan-geldi-antalya-alarmda-40391753>, Accessed: 18.08.2023.
- Iwaizumi, R., Arimoto, M., Kurauchi, T. 2014. A study on the occurrence and fecundity of white spotted longicorn, *Anoplophora malasiaca* (Coleoptera: Cerambycidae). Research Bulletin of The Plant Protection, 50: 9-15.
- İBB (İstanbul Büyükşehir Belediyesi), 2023. *Anoplophora chinensis*: Kamuoyuna Duyuru. https://yesil.istanbul/haber_kamuoyuna-onemli-calismamiz-hakkinda, Accessed: 12.10.2023.
- İlarslan, M., 2022. Distribution and Control Studies of Citrus Longhorned Beetle, *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) in Trabzon. 4th International Forest Entomology and Pathology Symposium, 12-14 May, Trabzon, p.44.
- Jinshui, H., Bi, D., Zheng, L., Meiling, G., Haiqing, H., Heng, J., 1997. Study on the control capacity of 11 strains of nematodes on *Anoplophora chinensis* Forster. Forest Pest and Disease, 2: 3-5.
- Jucker, C., Lupi, D. 2011. Exotic insects in Italy: an overview on their environmental impact. The importance of biological interactions in the study of biodiversity (Ed: Pujol JL), InTech, Italy, pp. 51-74.
- Keena, M. A., Moore, P. M. Bradford, G., 2021. Effects of temperature on *Anoplophora chinensis* (Coleoptera: Cerambycidae) adult survival, reproduction and egg hatch. Forests, 12: 432.
- Keena, M. A., Richards, J. Y., 2022. Effects of temperature on *Anoplophora chinensis* (Coleoptera: Cerambycidae) larvae and pupae. Environmental Entomology, 51(1): 153-166.
- Kim, M. S., Kim, K. Y., Lee, W., Hong, K. J., 2019. Reporting the possibility of invasive populations of *Anoplophora* spp. in Korea. Journal of Asia-Pacific Biodiversity, 12(2): 211-216.
- Kojima, T. 1931. Further Investigation on the immature Stages of some Japanese cerambycid-beetles, with Notes of their Habits. Journal of the College of Agriculture, Imperial University of Tokyo, 11(3): 263-308.
- Li, G., Re, X., Zhang, J.Y., 2000. Primary study on controlling *Anoplophora glabripennis* (Motsch.) with woodpecker. J Inn Mongolia for Invest Des, 4: 34-36.
- Lieu, K.O.V., 1945. The study of wood borers in China. I. Biology and control of the Citrus-root-Cerambycids, *Melanauster chinensis*, Forster (Coleoptera). The Florida Entomologist, 27: 61-101.
- Lim, J., Jung, S.Y., Lim, J.S., Jang, J., Kim, K.M., Lee, Y.M., Lee, B.W., 2014. A review of host plants of Cerambycidae (Coleoptera: Chrysomeloidea) with new host records for fourteen Cerambycids, including the Asian longhorn beetle (*Anoplophora glabripennis* Motschulsky), in Korea. Korean Journal of Applied Entomology, 53(2): 111-133.
- Lingafelter, S. W., Hoebeke, E. R. 2002. Revision of the genus *Anoplophora* (Coleoptera: Cerambycidae) (No. 595.7648 L5). Washington, DC: Entomological Society of Washington.
- Loomans, A. J. M., Wessels-Berk, B. F., Copini, P., Mentink, N. J. B., de Hoop, M. B., den Hartog, W. G. S. A., 2013. Import-inspections, surveys, detection and eradication of the longhorn beetles *Anoplophora chinensis* and *A. glabripennis* in The Netherlands. Journal of Entomological and Acarological Research, 45(s1): 1-8.
- Makihara, H., 2000. True taxonomy and distribution of *Anoplophora* cerambycid beetles in East Asia. Forest Pests, 49: 180–194.
- Makihara, H. 2007. Genus *Anoplophora* Hope, 1839. In Longicorn Beetles in Japan; Ohbayashi, N., Niisato, T., Eds.; Tokai University Press: Hadano, Japan, 2007; pp. 583–585.
- Marchioro, M., Bianchi, A., Ciampitti, M., Faccoli, M., 2022. Testing trapping protocols for detecting the Citrus longhorn beetle, *Anoplophora chinensis* (Coleoptera: Cerambycidae). Journal of Applied Entomology, 146(5): 607-614.
- Maspero, M. 2015. Managing invasive populations of *Anoplophora chinensis* and *A. glabripennis* in Lombardy. Doctoral dissertation, Alma Dl, University of Bologna.
- Maspero, M., Jucker, C., Colombo, M., Ciampitti, M., Cavagna, B., Caremi, G., 2005. The longhorn beetle *Anoplophora chinensis* (form *malasiaca*), a new pest of woody ornamentals in Italy. In Plant protection and plant health in Europe: introduction and spread of invasive species, ed. by Alford DV and Backhaus GF. Humboldt University: Berlin, Germany, pp. 255-256.
- Okamoto, H., 1927. The longicorn beetles from Corea. Insecta matsumurana, 2(2): 62-86.
- Özdikmen, H., Şeker, K., 2021. The rapid spread of recently introduced invasive alien *Anoplophora* species in Turkey is alarming—A case study: *Anoplophora chinensis* (Forster) recorded firstly from South-Eastern Anatolia (Cerambycidae: Laminae: Monochamini). Munis Entomology & Zoology, 16(3): 1657-1665.
- Robinet, C., Kehlenbeck, H., Kriticos, D.J., Baker, R.H.A. Battisti, A., 2012. A suite of models to support the quantitative assessment of spread in pest risk analysis. PLoS ONE, 7: e43366. doi: 10.1371/journal.pone.0043366
- Roselli, M., Bianchi, A., Nuccitelli, L., Peverieri Sabbatini, G., Roversi, P.F., 2013. Control strategies of *Anoplophora chinensis* in an area of considerable artistic and archaeological value in Rome. Journal of Entomological and Acarological Research, 45(s1): 27-29.
- Seebens, H., Blackburn, T. M., Dyer, E. E., Genovesi, P., Hulme, P. E., Jeschke, J. M., Paged, S., Pysek, P., Winter, M., Arianoutsou, M., Bacher, S., Blasius, S., Brundu, G., Capinha, C., Celesti-Grapow, L., Dawson, W., Dullinger, S., Fuentes, N., Jager, H., Kartesz, J., Kenis, M., Kreft, H., Kühn, I., Lenzner, B., Liebhold, A., Mosen, A., Moser, D., Nishino, M., Pearman, d., Pergl, J., Rabitsch, W., Rojas-Sandoval, J., Roques, A., Rorke, S., Rossinelli, S., Roy, H.E., Scalera, R., Schindler, S., Stajero, K., Tokarska-Guzik, B., van Kleunen, M., Walker, K., Weigelt, P., Yamanaka, T., Essl, F., 2017. No saturation in the accumulation of alien species worldwide. Nature Communications, 8(1): 1-9.
- Sjöman, H., Östberg, J., Nilsson, J., 2014. Review of host trees for the wood-boring pests *Anoplophora glabripennis* and *Anoplophora chinensis*: an urban forest perspective. Arboriculture & Urban Forestry 40(3): 143–164.
- Strangi, A., Binazzi, F., Peverieri, G. S., Roversi, P. F., 2017. The *Anoplophora chinensis* (Forster)(Coleoptera: Cerambycidae: Laminae) outbreaks in Italy: A possible geographical origin. Redia, 100: 175-179.
- Sunamura, E., Tamura, S., Mukai, H., Tokoro, M., Shoda-Kagaya, E., 2022. Mating behaviour between alien Asian longhorned beetle *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) and a native related species *Anoplophora chinensis* in Japan. Applied Entomology and Zoology, 57(3): 275-281.
- TOB (Tarım ve Orman Bakanlığı), 2021. Turunçgil Uzun Antenli Böceği *Anoplophora chinensis* Survey Talimatı 2021. https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB_Bitki_Sa_gligi/Survey/Turunçgil_Uzun_Antenli_Bocegi_Anoplophora_chinensis_Survey_Talimatı_2021.pdf, Accessed: 24.09.2023.

- Topakcı, N., Yükselbaba, U., Göçmen, H., 2017. Detection and identification of citrus long-horned beetle, *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae) a new pest in Antalya Province, Turkey by sequencing of mtCOI region. Turkish Journal of Entomology, 41(3): 325-331.
- Tsutsumi, T., Kashio, T., Hashimoto, S., Gyoutoku, Y., Kai, I. Narahara, M., 1990. Studies on biological control of white spotted longicorn beetles, *Anoplophora malasiaca*, by an entomogenous fungus, *Beauveria brongniartii*. IV. Field evaluation of hanging polyurethane foam sheet containing *B. brongniartii* conidia on citrus trees for the control of adult beetles. In Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu, pp. 173-176.
- Turan, A., Erdoğan, V., 2022. Spread and damage of citrus longhorned beetle [*Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae)] to hazelnut orchards in Turkey. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 10(4), 531-535.
- Usta, Y., Coşkun, K. A., Eroğlu, M. 2017. The damage potential of *Anoplophora chinensis* (Coleoptera, Cerambycidae) on *Corylus* spp. In IFES (International Forestry & Environment Symposium) pp. 07-10.
- van der Gaag, D.J., Ciampitti, M., Cavagna, B., Maspero, M., Hérard, F., 2008. Pest Risk Analysis for *Anoplophora chinensis*. Netherlands Plant Protection Service: Wageningen Available: <http://edepot.wur.nl/117610>.
- van der Gaag, D.J., Sinatra, G., Roversi, P.F., Loomans, A., Hérard, F., Vukadin, A., 2010. Evaluation of eradication measures against *Anoplophora chinensis* in early stage infestations in Europe. EPPO Bulletin, 40: 176-187.
- Vitali, F., 2010. Taxonomic and Faunistic notes about some Asian cerambycids belonging to the national museum of natural history of Luxembourg (Coleoptera, Cerambycidae). Lambillionea, 1(10): 179-184.
- Vukadin, A., Hrasovec, B., 2008. *Anoplophora chinensis* (Forster) situation in Croatia. Forstschutz Aktuell, 44: 23-24.
- Vukadin, A., 2015. New findings of *Anoplophora chinensis* on *Acer negundo* and *Melia azedarach* in public areas in Sveti Filipi Jakov and Turanj. Glasilo Biljne Zastite, 15(1/2): 12-13.
- Wang, Q. 1998. Evidence for a contact female sex pheromone in *Anoplophora chinensis* (Forster) (Coleoptera: Cerambycidae: Laminae). The Coleopterists Bulletin 52: 363-368.
- Wang, X., Ramualde, N., Aparicio, E. M., Maspero, M., Duan, J. J., Smith, L. 2021. Optimal conditions for diapause survival of *Aprostocetus fukutai*, an egg parasitoid for biological control of *Anoplophora chinensis*. Insects, 12(6): 535.
- Wang, X., Ramualde, N., Desurmont, G. A., Smith, L., Gundersen-Rindal, D. E., Grodowitz, M. J., 2022. Reproductive traits of the egg parasitoid *Aprostocetus fukutai*, a promising biological control agent for invasive citrus longhorned beetle *Anoplophora chinensis*. BioControl, 67(1): 15-26.
- Waterhouse, D.F., 1993. The Major Arthropod Pests and Weeds of Agriculture in Southeast Asia. ACIAR Monograph No. 21. Canberra, Australia: Australian Centre for International Agricultural Research, 141 pp.
- Yaghi, N., 1924. Application of the Rontgen Tube to Detection of Boring Insects. Journal of Economic Entomology, 17(6): 662-667.
- Yanagihara, M., 1937. Control methods for *Melanauster chinensis* Forst., a pest of *Casuarina equisetifolia*. Journal of the Formosan Sugar Planters Association, 15: 23-26 (in Japanese).
- Yasui, H., Akino, T., Yasuda, T., Fukaya, M., Ono, H. Wakamura, S. 2003. Ketone components in the contact sex pheromone of the white-spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca* and pheromonal activity of synthetic ketones. Entomologia Experimentalis et Applicata, 107: 167-176.
- Yıldız, Y., 2017. *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae) reported at new location in Turkey. Applied Ecology and Environmental Research, 15(4): 111-116.
- Zhang, Y., Wang, X., 2019. Advances in biological control of *Anoplophora chinensis* Forster. Chinese Journal of Biological Control, 35(1): 134.
- Zhou, Y., Ge, X., Liu, J., Zou, Y., Guo, S., Wang, T., Zong, S., 2022. Climate change effects on the global distribution and range shifts of citrus longhorned beetle *Anoplophora chinensis*. Journal of Applied Entomology, 146(5): 473-485.

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. 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 Akademik](#). 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 kelimedenden 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 yayım 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 yayımına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayım 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 üzerinde ve şekillerin altında başlıkları yer almalıdır. Çizelge ve şekiller mümkün olduğu kadar sade olmalı, içerilerindeki 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 “[giris](#)” 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.

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., Çalıköğlü, M., 2008. Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich) Biyolojisi ve Silvikültürü. Ormancılık 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. Kızıldağın (*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.

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.

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.

