



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN: 2149-3898

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ



ISPARTA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Year:
Yıl: 2023

Volume:
Cilt: 24

Issue:
Sayı: 2

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: 2023, Volume/Cilt: 24, Issue/Sayı: 2

EDITORIAL BOARD / DERGİ YAYIN KURULU

Editor-in-chief / Baş editör

Ramazan Özçelik Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

Editors / Editörler

A. Alper Babalık	Isparta University of Applied Sciences, Türkiye
Abdullah Emin Akay	Bursa Technical University, Türkiye
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
H. Oğuz Çoban	Isparta University of Applied Sciences, 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

CONTENTS

Research

- A comparison of essential oil components of plants and calli grown *in vivo* and *in vitro* conditions of bible hyssop (*Origanum syriacum* L. var. *bevanii* (Holmes) Ietswaart)
A. Haluk Türker..... 45-55
- Host plant species of invasive exotic insect species *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) in Istanbul - Türkiye
Sabiha Acer, Erdem Hızal, Süreyya Altunışık..... 56-60
- Tree volume tables for Kazdağı Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) stands in Safranbolu Region
Samet Baytaş, Mehmet Seki..... 61-68
- Flora of chestnut honey production forests in Abana and Bozkurt (Kastamonu) regions
Nurcan Yiğit, Nagihan Seki, Ayşe Öztürk Pulatoğlu..... 69-79
- Genetic fingerprinting of black poplar trees in the Aras River
Asiye Uluğ, Funda Özdemir Değirmenci 80-84
- Factors affecting perceptions and attitudes of forest engineers working in the forestry organization towards green products
Gökhan Topaloğlu, Hasan Alkan..... 85-98
- Comparison of demand analysis approaches in auction sales and marketing management: The Case of Çerkeş Forest Enterprise
Kenan Ok, Güven Kaya..... 99-110
- Opinions on the structure of marketing function in forest enterprises
Murat Özen, Hasan Alkan..... 111-121
- Exploring the potential of nanotechnology for sustainable wood preservation
Doğu Ramazanoğlu, Ferhat Özdemir 122-133
- Treatment of paper recycling wastewater using microwave technology
Uğur Özkan, H. Turgut Şahin 134-138
- Utilization of beech wood flours obtained after thinning and beech cupula in wood plastic composite (WPC) production
Mücahit Şahin, İbrahim Halil Başboğa 139-149

Review

- Using Machine Learning in Forestry
Remzi Eker, Kamber Can Alkış, Zennure Uçar, Abdurrahim Aydın..... 150-177

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- Dağ kekiği (*Origanum syriacum* L. var. *bevanii* (Holmes) Ietswaart)'nin *in vivo* ve *in vitro* koşullarda yetiştirilen bitkilerinin ve kalluslarının uçucu yağ bileşenlerinin bir kıyaslaması
A. Haluk Türker..... 45-55
- İstilacı egzotik böcek türü *Xylosandrus compactus* (Eichhoff)'un İstanbul - Türkiye'deki konukçu bitki türleri
Sabiha Acer, Erdem Hızal, Süreyya Altunışık..... 56-60
- Safranbolu Yöresi Kazdağı Göknaarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) meşcereleri için ağaç hacim tabloları
Samet Baytaş, Mehmet Seki..... 61-68
- Abana ve Bozkurt (Kastamonu) yörelerinde kestane balı üretilen ormanların florası
Nurcan Yiğit, Nagihan Seki, Ayşe Öztürk Pulatoğlu..... 69-79
- Aras Nehri boyunca yayılım gösteren kara kavak popülasyonlarının genetik yapısı
Asiye Uluğ, Funda Özdemir Değirmenci 80-84
- Orman teşkilatında çalışan orman mühendislerinin yeşil ürünlere yönelik algı ve tutumlarını etkileyen faktörler
Gökhan Topaloğlu, Hasan Alkan..... 85-98
- Açık artırmalı satışlarda talep analiz yaklaşımlarının karşılaştırılması ve pazarlama yönetimi: Çerkeş Orman İşletmesi Örneği
Kenan Ok, Güven Kaya..... 99-110
- Orman işletmelerinde pazarlama fonksiyonunun yapısı üzerine görüşler
Murat Özen, Hasan Alkan..... 111-121
- Sürdürülebilir ahşap koruma için nanoteknoloji potansiyelinin araştırılması
Doğu Ramazanoğlu, Ferhat Özdemir 122-133
- Kağıt geri dönüşüm atık sularının mikrodalga teknolojisi ile arıtılması
Uğur Özkan, H. Turgut Şahin 134-138
- Aralama çalışması sonrasında elde edilen kayın odunlarının ve kupulasının odun plastik kompozit (OPK) üretiminde değerlendirilmesi
Mücahit Şahin, İbrahim Halil Başboğa 139-149

Derleme

- Ormancılıkta makine öğrenmesi kullanımı
Remzi Eker, Kamber Can Alkış, Zennure Uçar, Abdurrahim Aydın..... 150-177

Dağ kekiği (*Origanum syriacum* L. var. *bevanii* (Holmes) Ietswaart)'nin *in vivo* ve *in vitro* koşullarda yetiştirilen bitkilerinin ve kalluslarının uçucu yağ bileşenlerinin bir kıyaslaması

A. Haluk Türker^{a,*} 

Özet: Bu araştırma, *Origanum syriacum* var. *bevanii* taksonunun donör olarak kullanılan *in vivo* bitkileri ile *in vitro* koşullarda yetiştirilen rejenerant bitkileri ve kalluslarının uçucu yağ bileşenlerinin belirlenmesi ve kıyaslanması amacıyla yürütülmüştür. Doğal ortamından alınan çeliklerle yetiştirilen donör bitkiler ve bunlardan alınan çeşitli eksplantlarla farklı konsantrasyonlarda bitki büyüme düzenleyicileri ilave edilen *in vitro* ortamda yetiştirilen rejenerant bitkiler ve kallusların uçucu yağ bileşenleri GC/MS (Gaz Kromatografisi - Kütle Spektrometrisi) cihazı ile belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, donör ve rejenerant bitkiler ve kallusların uçucu yağ bileşenlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu belirlenmiştir. Ana bileşenler olarak, donör bitkilerde %36,28 Carvacrol ve %19,76 ortho-Cymene tespit edilmişken rejenerant bitkilerde %26,49 Carbamic Acid ve %19,67 Carvacrol tespit edilmiştir. Tamamen farklı olarak, kalluslardaki ana bileşenler %64,82 Ethanol, %57,23 1,2-Propanediol, %55,11 L(+)-Lactic acid, %53,53 Methyltartronic acid, %52,16 4-Penten-2-ol ve %38,47 2-Methoxycinnamic acid olarak tespit edilmiştir. Basit fenolik bileşiklerin oluşumunda başlangıç bileşenlerinden olan 2-Methoxycinnamic acid, sap boğumu eksplantından gelişen kallusta yaprak eksplantından gelişen diğer kalluslara göre en yüksek oranda bulunmakta (%38,4) ve ana bileşeni oluşturmaktadır. Dolayısıyla analiz sonuçlarına göre sap boğumu eksplantından gelişen kallusun sekonder metabolitlerin oluşumunda ümitvar sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Origanum syriacum* var. *bevanii*, Rejenerant bitki, Kallus, Uçucu yağ bileşenleri

A comparison of essential oil components of plants and calli grown *in vivo* and *in vitro* conditions of bible hyssop (*Origanum syriacum* L. var. *bevanii* (Holmes) Ietswaart)

Abstract: This research was carried out to determine and compare the essential oil components of regenerated plants and calli grown under *in vitro* conditions with *in vivo* plants of *Origanum syriacum* var. *bevanii* taxon used as donor. The essential oil components of the donor plants grown with cuttings taken from the native environment and regenerant plants and calli grown from the various explants *in vitro* supplemented with different concentrations of the plant growth regulators were determined by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). In result of the research, it was determined that the essential oil components of donor and regenerant plants and calli were quite different from each other. It was determined that was Carbamic Acid (26.49%) and Carvacrol (19.67%) in essential oil from the regenerant plants while was Carvacrol (36.28%) and ortho-Cymene (19.76%) in essential oil from the donor plants as major components. It was determined that was 64.82% Ethanol, 57.23% 1,2-Propanediol, 55.11% L(+)-Lactic acid, 53.53% Methyltartronic acid, 52.16% 4-Penten-2-ol ve 38.47% 2-Methoxycinnamic acid in essential oil from the callus as major components disparately. 2-Methoxycinnamic acid, which is one of the initial components in the formation of simple phenolic compounds, was found at the highest rate (38.4%) in the callus developed from the stem node explant, compared to the other callus developed from the leaf explant, and constitutes the main component. Therefore, according to the results of the analysis, it was determined that the callus developed from the stem node explant gave promising results in the formation of secondary metabolites.

Keywords: Bible hyssop, Regenerant plant, Callus, Essential oil components

1. Giriş

Origanum taksonları günümüzde gıda, eczacılık, kozmetik ve alkollü içki (likör) sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Gaz giderici, hazmı kolaylaştırıcı, balgam ve idrar söktürücü, ishal kesici, terletici ve kadınlarda adet söktürücü özelliklere sahip olup, uçucu yağı kronik romatizma, kas kısılmalarında, diş ve kulak ağrısı, öksürük ve bronşit tedavisinde kullanılan ilaçlarda hammadde

oluşturmaktadır (Baytop, 1983; Deans vd., 1992; Kumari ve Saradhi, 1992). Bitkinin uçucu yağının içerdiği yüksek miktardaki fenol nedeni ile antibakteriyal, antispazmodik ve antiseptik etkileri bilinmektedir (Başer vd., 1993).

Tabii ve aromatik bitkilerde uçucu yağın miktar ve içeriği öncelikli olarak türe, varyeteye, agronomik koşullara, hasat zamanına ve en önemli faktörlerden olan gelişme ortamının çevresel ve ekolojik karakteristiklerine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Cavero vd., 2005; Başer vd.,

✉ ^a Orman Genel Müdürlüğü, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): abdulhalukturker@ogm.gov.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 12.04.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 09.06.2023



Citation (Atıf): Türker, A.H., 2023. Dağ kekiği (*Origanum syriacum* L. var. *bevanii* (Holmes) Ietswaart)'nin *in vivo* ve *in vitro* koşullarda yetiştirilen bitkilerinin ve kalluslarının uçucu yağ bileşenlerinin bir kıyaslaması. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 45-55.
DOI: [10.18182/tjf.1281648](https://doi.org/10.18182/tjf.1281648)

2003; Guillen ve Cabo, 1996). *Origanum* taksonları yaprak üretimi için çiçeklenmeye başladığı dönemde veya uçucu yağ üretimi için tamamen çiçeklendiği dönemde hasat edilmektedirler (Özgül vd., 2006).

Origanum taksonlarının uçucu yağının ana bileşenleri, biyogenetik süreçle yakın bağlantılı olan 4 terpen olan Carvacrol, Thymol, p-Cymen ve γ -Terpinen bileşikleridir ve Carvacrol bakımından zengin uçucu yağlar, yüksek antimikrobiyal ve antifungal potansiyeli nedeniyle (Daouk vd., 1995) hayvan yemlerinde katkı maddesi olarak ve gıdaların korunmasında özel bir ticari öneme sahiptir (Baytop ve Başer, 1995).

In vitro kültür teknikleri kullanılarak bitki üretilmesi (mikroçoğaltım), birçok bitki türünde olduğu gibi tıbbi ve aromatik bitkilerin de vejetatif olarak hızlı ve çok miktarda çoğaltılabilmesine olanak sağlayan bir üretim şeklidir. Mikroçoğaltım, bir bitkinin tam bir bitkiyi oluşturabilme potansiyeline sahip belirli kısımlarından (embriyo, tohum, gövde, kök, sürgün, polen vb.) yapay besin ortamlarında ve aseptik koşullar altında *in vitro* teknikler kullanılarak fiziksel ve genetik olarak birbirine benzeyen çok sayıda bitkinin hızlı çoğaltılması amacıyla kullanılan bir doku kültürü tekniğidir (Solarova ve Pospisilova, 1997; Mansuroğlu ve Gürel, 2001; Taji vd., 2002). Bu teknik tarla ve bahçe bitkileri, peyzaj ve ormancılıkta birçok bitki türünde kullanılmakla birlikte arzu edilen özelliklere sahip genotiplerin üretilmesi açısından tıbbi ve aromatik bitkilerin de vejetatif olarak hızlı ve çok miktarda çoğaltılabilmesine olanak sağlayan bir üretim şeklidir.

Ayrıca *in vitro* kültür teknikleri gıda, kozmetik ve ilaç sanayinde kullanılan ekonomik öneme sahip tıbbi ve aromatik bitkilerdeki doğal antioksidanlar gibi sekonder metabolitlerin kontrollü çevre şartlarında üretimi için tarla tarımı yanında alternatif bir üretim şekli sunmaktadır (Simon vd., 1984; Al-Sereiti vd., 1999; Grzegorzczak vd., 2005; Tisserat ve Vaughn, 2008). Sekonder metabolitler (fenolik bileşikler) bitkilerde birkaç önemli işlevi yerine getirirler. Bitkilerin değişen biyotik ve abiyotik ortamlara uyum sağlamasına ve bitki ürünlerine renk, tat, teknolojik özellikler ve sağlığı geliştirici faydalar sağlamasına olanak tanıyan bir metabolik plastisite örneğini temsil ederler (Boudet, 2007). Sekonder metabolitlerin üretimi için hücre süspansiyon kültürleri daha başarılı olmakta ve üretimin daha etkin ve yoğun bir şekilde elde edilmesi amacıyla da çeşitli biyoreaktör sistemleri geliştirilmekte ve bitki hücre kültürleri yanında birçok bileşik üretilebilmektedir (Bourgoud vd., 2001).

Bu araştırma çalışması da gelişmekte olan *in vitro* sekonder metabolit üretim çalışmaları kapsamında, *O. syriacum* var. *bevanii* taksonunun donör olarak kullanılan fidanlık koşullarındaki *in vivo* bitkileri ile *in vitro* koşullarda yetiştirilerek fidanlık koşullarına aktarılan rejenerant bitkilerinin ve kalluslarının (bitki kısımlarından gelişen hücre yığınları) uçucu yağ bileşenlerinin GC/MS (Gaz Kromatografisi - Kütle Spektrometrisi) cihazı ile analiz edilerek kıyaslanması amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Dağ kekiği (*O. syriacum* var. *bevanii*) taksonunun Doğu Akdeniz bölgesindeki doğal yayılış alanlarından (Tarsus-Damlama köyü-R: 480 m) çelikle alınarak çoğaltılan ve

kültüre alma çalışmalarında yüksek herba ve uçucu yağ verimine sahip olduğu tespit edilen (Güllüba ve Özkurt, 2006) 62/2 nolu ekotipin fidanlık ortamında (*in vivo*) çelikle yetiştirilen 1 yaşlı fidelerinin 10-15 cm boyundaki taze sürgünlerinden kesilerek ayrılan 4-5 mm'lik yaprak diski, sap boğumu, yan ve tepe tomurcuğu bölümleri araştırmada *in vitro* bitki ve kallus üretimi için eksplant olarak kullanılmıştır.

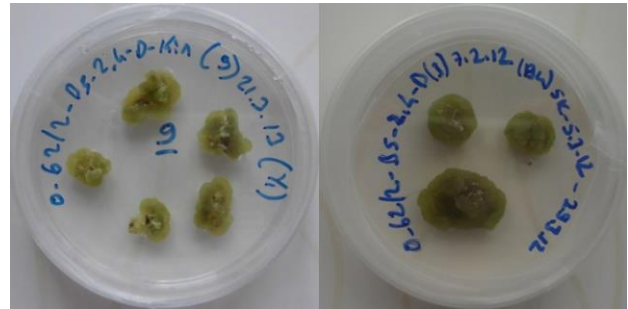
Araştırmada explant olarak kullanılan yaprak diski ve sap boğumu bölümlerinden *in vitro* ortamlarda üretilen ve bitki rejenerasyonu sağlayamayan kalluslar (Şekil 1) ve *in vitro* kültür çalışmalarında donör bitki olarak kullanılan 62/2 nolu ekotip ve bu ekotipten alınan tepe ve yan tomurcuğu eksplantlarından *in vitro* koşullarda rejeneren olan ve aynı fidanlık koşullarına aktarılan bitkiler (Şekil 2) uçucu yağ analizlerinde kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. *In vitro* kültür aşaması

Arafah vd., (2006), El-Gengaihi vd., (2006), Goleniowski vd., (2003), Leelavathi ve Kuppan (2013), Morone-Fortunato ve Avato (2008), Oana vd., (2008)'nin yaptığı araştırmalar baz alınarak yöntem bölümü kurgulanmıştır.

Araştırmada materyal olarak kullanılan fidanlık koşullardan alınan taze sürgünlerin sterilizasyonu için %70'lik etil alkol çözeltisi (5 sn), 3 damla Tween 20 ilave edilmiş %1,25'lik sodyum hipoklorit çözeltisi (15 dk) işlemi ve ayrıca %70'lik etil alkol (5 sn), %1,0'lik sodyum hipoklorit çözeltisi (5 dk), 2,5 g/l fungisit (captan) çözeltisi işlemi uygulanarak, üç kez steril distile suyla durulama yapılmıştır.



Şekil 1. Uçucu yağ analizlerinde kullanılan kalluslar



Şekil 2. *In vitro* koşullarda rejeneren olan ve fidanlık koşullarına aktarılan bitki

Araştırmada temel besi ortamı olarak *in vitro* üretimde yaygın olarak kullanılan MS (Murashige ve Skoog, 1962) ve B₅ (Gamborg vd., 1968) kullanılmıştır. Bu temel besi ortamlarının içeriği, Çizelge 1’de verilmiştir.

İndüksiyon aşamasında; donör bitkilerden alınan yaprak diski, sap boğumu, tepe ve yan tomurcuk eksplantları, Çizelge 2’de verilen dozlarda 2,4-D (2,4-Diklorofenoksi Asetik Asit), BAP (6-Benzil Amino Pürin) veya Kinetin (Furfuryladenine) bitki büyüme düzenleyicileri ile tek başına veya birlikte kombine edilen 10 ml MS veya B₅ besi ortamı içeren 60x15 mm boyutlarındaki steril petri kaplarında *in vitro* kültüre alınmıştır. İndüksiyon aşamasında eksplantlardan bir hafta içerisinde gelişmeye başlayan kallus oluşumları gelişimlerini sağlıklı olarak devam ettirmesi amacıyla kararmış, çürümüş kallus veya eksplant parçalarından temizlenerek 4-6 hafta sonra indüksiyon ortamı ile aynı içeriğe sahip alt kültür ortamlarına aktarılmıştır. İndüksiyon ve alt kültür aşamalarında tepe ve yan tomurcuk eksplantlarından gelişen ve kardeşlenme oluşturan sürgünler tekleme yapıldıktan sonra daha fazla gelişme ve köklenme sağlanması amacıyla içerisinde büyüme düzenleyici içermeyen 15 ml ½MS besi ortamı bulunan steril cam tüplere aktarılmıştır.

Rejenerasyon aşamasında; alt kültür ortamlarında yaprak diski ve sap boğumu eksplantlarından gelişen kalluslar Çizelge 2’de verilen dozlarda 2,4-D veya NAA (Naftalen Asetik Asit) ve BAP veya Kinetin bitki büyüme düzenleyicileri ile kombine edilen 25 ml MS veya B₅ besi ortamı içeren 90x15 mm boyutlarındaki steril petri kaplarına aktarılmıştır. Kültür petrileri, 23 °C sıcaklık, %70 nem, 16 saat fotoperiyot ve 12.000 lüks ışık koşullarını sağlayan iklimlendirme kabininde toplam 14 hafta boyunca inkübe edilmişlerdir. 14 haftalık *in vitro* kültür sonunda MS + 1,50 mg/l BAP indüksiyon ortamında gelişen ve köklenmesi için ½MS ortamına aktarılan rejenerant bitkiler, fidanlık koşullarında donör bitkilerin yetiştirildiği 1/4 oranında çürütülmüş mısır sapı samanı ve 3/4 oranında briket toprağı (volkanik tüf) içeren karışım ortamlarına aktarılmıştır (Türker ve Hatipoğlu, 2018) (Şekil 2).

Araştırmada kullanılan temel besi ortamları ve büyüme düzenleyicisi kombinasyonlarında üretilen Çizelge 2’de verilen rejenerant bitki ve kallus oluşumları analizler için kullanılmıştır.

2.2.2. Uçucu yağ analiz aşaması

Donör bitkilerin tomurcuk eksplantlarından *in vitro* kültür çalışmalarında indüksiyon aşamasında MS + 1,50 mg/l BAP kombinasyonunda gelişen ve köklenmesi için ½MS ortamına aktarılan ve donör bitkilerle aynı fidanlık koşullarında büyütülen rejene bitkiler ve donör bitkilerin çiçeklenme döneminde alınan yaprak örnekleri gölgede yaklaşık 8-10 gün hava kurusu haline gelinceye kadar bekletilmiştir. Daha sonra bu örnekler, etüvde 37 °C ve %40 rutubette 12 saat bekletilerek standart olarak kurutulmuştur. Kurutulan yaprak örneklerinden uçucu yağların çıkartılmasında Clevenger cihazı kullanılmıştır. Elde edilen kuru yapraklar miktarlarına göre saf su ilavesiyle üç saat süreyle distilasyon işlemine tabi tutulmuştur. Rejenerantlardan ve donör bitkilerden elde edilen uçucu yağlar ve kalluslar (Çizelge 2) Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Moleküler Genetik Laboratuvarında, GC/MS (Gaz Kromatografisi - Kütle Spektrometrisi, Perkin Elmer Clarus 600 GC/MS) cihazı ile

GC: SPMEus.mth / MS: SPMEus.EXP metoduyla; Sıcaklık Programı: 35 °C 4 dk / 250 °C - 10 °C/dk, İnjesiyon: 220 °C, Hacim: 0 µL, Split oranı: 0:1, Taşıyıcı gaz: Helyum, Çözücü iptali: 0,00 dk, Transfer sıcaklığı: 200 °C, Kaynak sıcaklığı: 180 °C, Tarayıcı: 35 ila 600 Da, Kolon: 60,0 m x 250 µm koşullarında analiz edilmiştir. Analizler sonucunda, farklı alıkonma zamanlarında (RT) belirlenen ve 3 ihtimalli olarak tanımlanan (Hit) bileşikler, grubundaki en yüksek orana (Prob.) sahip bileşiğin uluslararası kimyasal veri tabanındaki kayıt numarasına (CAS no) göre CAS veri tabanında (nist, chemicalbook, lookchem, sigmaaldrich vd.) taranarak güncel bileşen isimleri belirlenmiştir.

3. Bulgular

3.1. Donör ve rejenerant bitkilerin uçucu yağ bileşenlerine ait analiz sonuçları

In vitro kültür çalışmalarında eksplant kaynağı olarak kullanılan fidanlık koşullarında yetiştirilen donör bitkinin yapraklarından çıkartılan uçucu yağın bileşenlerine ait analiz sonucu Çizelge 3’de verilmiştir.

Analiz sonucuna göre uçucu yağın ana bileşenlerini %36,28 oranı ile Carvacrol ve %19,76 oranı ile ortho-Cymene oluşturmaktadır. Donör bitkiden elde edilen diğer minör bileşenler ve oranları da Çizelge 3’de görüldüğü gibidir. Oranı %0,1’in altında bulunan bileşenlerin toplam değeri ise %0,62 olarak bulunmaktadır.

Donör bitkinin tomurcuk eksplantlarından *in vitro* kültür çalışmalarında indüksiyon ortamında MS + 1,50 mg/l BAP kombinasyonunda gelişen ve köklenmesi için ½MS ortamına aktarılan ve donör bitkilerle aynı fidanlık koşullarında büyütülen rejenerant bitkilerin (Materyal 1; Çizelge 2) yapraklarından çıkartılan uçucu yağın analiz sonucu Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan temel besi ortamlarının bileşimleri

Bileşik	MS (mg/l)	B ₅ (mg/l)
Makro elementler		
MgSO ₄ .7H ₂ O	370	250
KH ₂ PO ₄	170	-
NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O	-	150
KNO ₃	1.900	2.500
NH ₄ NO ₃	1.650	-
CaCl ₂ .2H ₂ O	440	150
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	134
Mikro elementler		
H ₃ BO ₃	6,2	3,0
MnSO ₄ .H ₂ O	15,6	10,0
ZnSO ₄ .7H ₂ O	8,6	2,0
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,25	0,25
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,025	0,025
CoCl ₂ .6H ₂ O	0,025	0,025
KI	0,83	0,75
FeSO ₄ .7H ₂ O	27,8	27,8
Na ₂ EDTA	37,3	37,3
Organik maddeler		
Sakkaroz	30.000	20.000
Thiamin.HCl	0,1	10,0
Pyridoxin.HCl	0,5	1,0
Nikotik Asit	0,5	1,0
Myo-Inositol	100	100
Glisin	2,0	-
pH	5,8	5,5
Agar	7.000	7.000

Çizelge 2. Araştırmada analiz için kullanılan rejenerant bitki ve kallus oluşumları

Materyal no	Explant ve gelişim ortamları
1	Donör bitkinin tepe ve yan tomurcuk eksplantlarından MS + 1,50 mg/l BAP indüksiyon ortamında gelişen ve daha fazla gelişme ve köklenme sağlanması amacıyla içerisinde büyüme düzenleyici içermeyen ½MS ortamına aktarılan rejenerant bitki
2	Donör bitkinin yaprak diski eksplantlarından B ₅ + 0,25 mg/l 2,4-D kombinasyonunda indüksiyon ortamında oluşan ve B ₅ + 0,10 mg/l 2,4-D + 0,50 mg/l Kinetin kombinasyonu içeren rejenerasyon ortamına aktararak gelişen kallus
3	Donör bitkinin yaprak diski eksplantlarından B ₅ + 0,50 mg/l 2,4-D + 1,00 mg/l Kinetin kombinasyonunda indüksiyon ortamında oluşan ve B ₅ + 0,25 mg/l 2,4-D + 0,50 mg/l Kinetin kombinasyonu içeren rejenerasyon ortamına aktararak gelişen kallus
4	Donör bitkinin yaprak diski eksplantlarından B ₅ + 0,50 mg/l 2,4-D + 1,00 mg/l Kinetin kombinasyonunda indüksiyon ortamında oluşan ve B ₅ + 0,25 mg/l 2,4-D + 1,00 mg/l Kinetin kombinasyonu içeren rejenerasyon ortamına aktararak gelişen kallus
5	Donör bitkinin sap boğumu eksplantlarından B ₅ + 0,25 mg/l 2,4-D + 2,00 mg/l BAP kombinasyonunda indüksiyon ortamında oluşan ve B ₅ + 0,25 mg/l 2,4-D + 0,50 mg/l BAP kombinasyonu içeren rejenerasyon ortamına aktararak gelişen kallus
6	Donör bitkinin yaprak diski eksplantlarından B ₅ + 0,25 mg/l 2,4-D + 2,00 mg/l BAP kombinasyonunda indüksiyon ortamında oluşan ve B ₅ + 0,25 mg/l 2,4-D + 0,50 mg/l BAP kombinasyonu içeren rejenerasyon ortamına aktararak gelişen kallus
7	Donör bitkinin yaprak diski eksplantlarından MS + 0,25 mg/l 2,4-D kombinasyonunda indüksiyon ortamında oluşan ve MS + 0,25 mg/l NAA + 1,00 mg/l Kinetin kombinasyonu içeren rejenerasyon ortamına aktararak gelişen kallus

Çizelge 3. Donör bitkinin uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonucu

RT (dk)*	Bileşen Adı	Oran (%)**
4,119	Tricyclene	1,02
4,306	α-Thujene	1,36
5,093	Camphene	0,17
5,893	β-Pinene	0,27
6,208	Sabinene	0,15
6,436	Ethylbenzene	0,67
6,996	α-Phellandrene	0,31
7,147	β-Myrcene	2,94
7,346	α-Terpinene	2,99
7,673	Limonene	1,02
7,830	β-Phellandrene	0,89
7,924	Eucalyptol (1,8-Cineol)	0,48
8,350	Psi-Limonene	0,23
8,589	γ-Terpinene	2,75
9,178	ortho-Cymene	19,76
9,272	2-Carene	5,48
10,048	2-Penten-1-ol, (Z)-	0,14
10,935	3-Hexen-1-ol	0,15
11,051	3-Octanol	3,90
11,396	Cosmene	0,10
11,822	1-Octen-3-ol	5,65
12,078	cis-β-Terpineol	1,18
13,100	Linalool	0,46
13,683	Caryophyllene	2,86
13,788	Cyclopropane, 1-cyclopropylethynyl-2-methoxy-3,3-dimethyl-	2,29
13,963	trans-Dihydrocarvone	0,12
14,576	Humulene	0,51
14,757	γ-Murolene	0,10
14,885	α-Terpineol	0,24
14,932	Borneol	0,30
15,492	β-Cadinene	0,11
17,453	Chlorothymol	0,67
18,089	Phenol	0,34
19,734	Carvacrol	36,28
20,732	3-Methylene-bicyclo[3.2.1]oct-6-en-8-ol	0,54
21,905	2-Allyl-4-methylphenol	0,10
22,967	5-Isopentyl-4-methyl-2-(methylsulfanyl)-6-((trimethylsilyloxy)pyrimidine	0,21
23,282	1-[4-Acetyl-1-(2-amino-4,5-dimethyl-phenyl)-2,5-dimethyl-1H-pyrrol-3-yl]-ethanone	0,12
23,743	Oxycodone	0,13
	Diğer bileşenler (< %0,1)	0,62

*RT: Retention Time (Alikonma Zamani), **: Göreceli Dağılım

Çizelge 4. Rejenerant bitkinin uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonucu

RT (dk)	Bileşen Adı	Oran (%)
4,405	2,4,6-Octatrienal	10,81
5,099	Camphene	0,61
5,887	3-methyl-apopinene	0,71
6,208	Sabinene	0,79
6,687	7-Ethyl-1,3,5-cycloheptatriene	0,72
7,282	Urocanic acid	11,21
7,515	α -Terpinene	5,43
7,568	4,5-Dimethyl-2,6-octadiene	0,20
7,760	Limonene	1,59
7,924	β -Phellandrene	2,02
8,840	Carbamic Acid	26,49
9,266	ortho-Cymene	9,51
9,342	2-Carene	0,85
10,929	3-Hexen-1-ol	0,36
11,034	3-Octanol	0,85
11,857	1-Octen-3-ol	0,78
12,061	cis- β -Terpineol	0,16
13,094	Linalool	0,14
13,706	Caryophyllene	2,91
13,782	Cyclopropane, 1-cyclopropylethynyl-2-methoxy-3,3-dimethyl-	0,86
13,969	trans-Dihydrocarvone	0,19
14,564	Humulene	0,67
14,757	γ -Muuroolene	0,11
14,891	α -Terpineol	0,85
15,498	β -Cadinene	0,20
17,447	Chlorothymol	0,15
19,734	Carvacrol	19,67
22,973	5-Isopentyl-4-methyl-2-(methylsulfanyl)-6-((trimethylsilyl)oxy)pyrimidine	0,10
	Diğer bileşenler (< %0,1)	1,05

Analiz sonucuna göre uçucu yağın ana bileşenlerini Carbamic Acid (%26,49) ve Carvacrol (%19,67) oluşturmaktadır. Oranı %0,1'in altında bulunan bileşenlerin toplam değeri ise %1,05 olarak bulunmaktadır. Donör bitki ile rejenerant bitkinin uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonuçlarına göre (Çizelge 3-4), ortak bulunan yüksek oranlı bileşenler Çizelge 5'de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

3.2. Kallus uçucu yağ bileşenlerine ait analiz sonuçları

In vitro kültür çalışmalarında donör bitkinin yaprak diski ve sap boğumu eksplantlarından farklı besi ortamı ve farklı büyüme düzenleyicisi kombinasyonlarında gelişen ve analizler için kullanılan kalluslar Çizelge 2'de verilmiştir.

Donör bitkinin yaprak diski eksplantlarından *in vitro* çalışmalarında B₅ + 0,25 mg/l 2,4-D indüksiyon ortamında elde edilen ve B₅ + 0,10 mg/l 2,4-D + 0,50 mg/l Kinetin kombinasyonu içeren rejenerasyon ortamına aktararak gelişen kallusun (Materyal 2) analiz sonucu Çizelge 6'da verilmiştir.

Analiz sonucuna göre uçucu yağın ana bileşenlerini donör bitki analiz sonuçlarından farklı olarak %55,11 ile L(+)-Lactic acid ve %27,58 ile Isobutylene oxide bileşenleri oluşturmaktadır. Basit fenolik bileşiklerin oluşumunda rol alan başlangıç bileşiklerinden olan (Taiz ve Zeiger, 2008) 2-Methoxycinnamic acid %3,22 oranında bulunmaktadır.

Donör ile rejenerant bitkilerin analiz sonuçları arasında bir benzerlik bulunmasına karşılık, donör bitki ile *in vitro*'da B₅ + 0,25 mg/l 2,4-D ortamında elde edilen kallusun uçucu yağ bileşenlerinin birbirlerinden tamamen farklı olduğu ve ortak bileşen bulunmadığı görülmektedir.

Donör bitkinin yaprak eksplantlarından *in vitro* çalışmalarında indüksiyon aşamasında B₅ + 0,50 mg/l 2,4-D + 1,00 mg/l Kinetin kombinasyonunda elde edilen ve B₅ + 0,25 mg/l 2,4-D + 0,50 mg/l Kinetin kombinasyonu içeren rejenerasyon ortamına aktararak gelişen kallusun (Materyal 3) uçucu yağının bileşenlerine ait analiz sonucu Çizelge 7'de verilmiştir.

Analiz sonucuna göre ana bileşenleri %53,53 oranı ile Methyltartronic acid, %18,82 oranı ile Hydroxyurea, %12,88 oranı ile 1,6-Heptadien-4-ol,4-methyl- oluşturmuştur. 2-Methoxycinnamic acid (%0,07) oranı %0,1'in altında bulunan bileşenler arasında yer almaktadır.

Çizelge 5. Donör ve rejenerant bitkilerin uçucu yağlarında tespit edilen ortak bileşenler ve oranları

Bileşen no	Ortak bileşen adı	Donör bitki (%)	Rejenerant bitki (%)
1	Carvacrol	36,28	19,67
2	ortho-Cymene	19,76	9,51
3	α -Terpinene	2,99	5,43
4	Caryophyllene	2,86	2,91
5	β -Phellandrene	0,89	2,02
6	Limonene	1,02	1,59
7	2-Carene	5,48	0,85
8	α -Terpineol	0,24	0,85
9	3-Octanol	3,90	0,85
10	1-Octen-3-ol	5,65	0,78
11	Humulene	0,51	0,67
12	Camphene	0,17	0,61
13	cis- β -Terpineol	1,18	0,16
14	Chlorothymol	0,67	0,15
15	Linalool	0,46	0,14

Çizelge 6. Kallusun (materyal 2) uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonucu

RT (dk)	Bileşen Adı	Oran (%)
3,991	Isobutylene oxide	27,58
4,802	2-Methoxycinnamic acid	3,22
5,093	Tetraethylene glycol dimethyl ether	4,12
5,449	L(+)-Lactic acid	55,11
7,929	Thiocyanic acid, 2-(2-butoxyethoxy)ethyl ester	1,10
8,717	Propanoic acid, 2-methyl-, propyl ester	0,21
8,951	2-Ethoxyethyl methacrylate	0,51
9,196	4-O-Methyl-d-arabinose	0,19
9,785	Chroman-4-one, 2,3-dehydro-6-ethyl-7-methoxy-2-methyl-3-phenyl-	0,36
9,960	(2,3-Dimethyloxiranyl)methanol	1,59
11,110	5H-[1]Benzopyrano[3,4-d]pyrimidin-5-one, 4-amino -2-(2-hydroxyphenyl)-	0,16
11,302	Hydrazine,(2-methylpropyl)-	1,05
11,927	1,3,2-Oxathiaborinane, 4,6-dimethyl-2-(1-methylethyl)-	0,53
12,417	4,6-Di-O-methyl-alpha-d-galactose	0,15
13,660	N-formyl-beta-alanine	0,34
13,928	d-Threo-O-ethylthreonine	0,14
14,360	Dodecyl 2-methylacrylate	0,63
14,996	Octopamine triTMS	0,16
16,566	1,3-Diethoxy-2-propanol	0,60
17,867	Thiazolidine-4-carboxylic acid	0,12
19,524	Diazene, [1-(2,2-dimethylhydrazino)ethyl]ethyl-	0,11
21,269	3,6,9,12,15-Pentaoxaheptadecane	0,11
25,249	2-Ethyltetrahydrofuro[3,4-d][1,3,2]dioxaborole	0,31
	Diğer bileşenler (< %0,1)	1,59

Çizelge 7. Kallusun (materyal 3) uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonuçları

RT (dk)	Bileşen adı	Oran (%)
3,979	Hydroxyurea	18,82
4,837	Acetamide, N-(2-oxoethyl)-	1,54
5,099	N-t-Butyl-N'-2-[2-thiophosphatoethyl]aminoethylurea	2,27
5,467	Methyltartronic acid	53,53
6,132	1,6-Heptadien-4-ol,4-methyl-	12,88
7,964	L-Lyxose	0,21
8,968	2,2-Dimethylglutaric anhydride	0,40
9,791	1-(1-Adamantyl)-2-triisopropylsilyloxyethane	0,24
9,948	3-Methylhexanal	0,94
11,104	5H-[1]Benzopyrano[3,4-d]pyrimidin-5-one, 4-amino-2- (2-hydroxyphenyl)-	0,36
11,273	(S)-(+)-1,2-Propanediol	1,20
11,909	1,4-Dimethoxy-2-methylcyclohexane	0,64
12,312	2,3-Dihydrofuran	0,34
12,697	1,2,3-Trimethoxyhexane	0,17
13,222	DL-Ornithine	0,12
13,549	2-((6-((2,6-Dichlorobenzylidene)amino)-1,3-benzo thiazol-2-yl) thio)-N-(2,6-diethylphenyl)acetamide	0,12
13,654	Ethyl 3-hydroxybutyrate	0,13
14,021	D-Arabinitol	0,44
14,307	Propanoic acid, 2-octyl ester, (R or S)	0,21
14,996	3-tert-Butyl-5-chloro-2-hydroxybenzophenone	1,27
16,519	2-(3-Chloropropyl)-1,3-dioxolane	0,25
17,849	Phenyl isothiocyanate	1,06
18,205	15-Crown-5	0,18
19,536	Tris(2-ethylbutyric acid)1,2,3-propanetriyl ester	0,13
19,909	2-(Ethylsulfonyl)ethanol	0,12
20,294	b-D-Galactopyranoside, methyl 2,4-di-O-methyl-	0,11
20,989	4(1H)-Pyrimidinone, 2-amino-6-(methylamino)-	0,12
21,275	Bis(2-methoxyethyl)nitrosoamine	0,13
23,685	3-Methyl-5-phenyl-1,2,4-trioxolane	0,13
25,231	7-Dimethylsilyloxytridecane	0,14
	Diğer bileşenler (< %0,1)	0,36

Donör bitkinin yaprak diski eksplantlarından *in vitro* çalışmalarında indüksiyon aşamasında B₅ + 0,50 mg/l 2,4-D + 1,00 mg/l Kinetin kombinasyonunda elde edilen ve B₅ + 0,25 mg/l 2,4-D + 1,00 mg/l Kinetin kombinasyonu içeren rejenerasyon ortamına aktararak gelişen kallusun (Materyal 4) uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonucu Çizelge 8'de verilmiştir. Analiz sonucuna göre ana bileşenleri %64,82 oranı ile Ethanol ve %23,73 oranı ile Acetaldehyde oluşturmaktadır. 2-Methoxycinnamic acid %0,17 ile düşük oranda bulunmaktadır.

Donör bitkinin sap boğumu eksplantlarından indüksiyon aşamasında B₅ + 0,25 mg/l 2,4-D + 2,00 mg/l BAP kombinasyonunda elde edilen ve B₅ + 0,25 mg/l 2,4-D + 0,50 mg/l BAP kombinasyonu içeren rejenerasyon ortamına aktararak gelişen kallusun (Materyal 5) uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonucu Çizelge 9'da verilmiştir. Analiz sonucuna göre uçucu yağın ana bileşenlerini donör bitkiden ve önceki verilen kalluslardan farklı olarak %38,47 oranı ile 2-Methoxycinnamic acid ve %34,66 oranı ile Methylhydrazine oluşturmaktadır. Sap boğumu eksplantından gelişen kallusta 2-Methoxycinnamic acid

oranı, yaprak eksplantından gelişen diğer kalluslara göre %38,47 ile en yüksek oranda bulunmakta ve ana bileşeni oluşturmaktadır.

Donör bitkinin yaprak eksplantlarından induksiyon aşamasında B₅ + 0,25 mg/l 2,4-D + 2,00 mg/l BAP kombinasyonunda elde edilen ve B₅ + 0,25 mg/l 2,4-D + 0,50 mg/l BAP kombinasyonu içeren rejenerasyon ortamına aktarılarak gelişen kallusun (materyal 6) uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonucu Çizelge 10'da verilmiştir. Analiz sonucuna göre uçucu yağın ana bileşenini donör bitkiden ve

önceki verilen kalluslardan farklı olarak %57,23 oranı ile 1,2-Propanediol bileşiği oluşturmaktadır. 2-Methoxycinnamic acid %2,75 oranında bulunmaktadır.

Donör bitkinin yaprak eksplantlarından induksiyon aşamasında MS + 0,25 mg/l 2,4-D kombinasyonunda elde edilen ve MS + 0,25 mg/l NAA + 1,00 mg/l Kinetin kombinasyonu içeren rejenerasyon ortamına aktarılarak gelişen kallusun (Materyal 7) uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonucu Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 8. Kallusun (materyal 4) uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonuçları

RT (dk)	Bileşen adı	Oran (%)
3,985	Acetaldehyde	23,73
4,778	Cis-2,3-Epoxybutane	3,63
5,315	Ethanol	64,82
7,626	6,7-Dimethoxyisoflavone	0,87
7,912	D(+)-Xylose	0,18
8,285	Methoxymethyl isothiocyanate	0,69
8,974	1-(1-Adamantyl)-2-triisopropylsilyloxyethane	0,10
9,202	Aminocaproic acid	0,61
10,468	Trimethylene acetate	0,89
11,022	L-Lysine, ethyl ester	0,31
13,374	Citric acid	0,64
14,045	Pyronin Y	0,21
15,323	4-Methylmannitol	0,18
15,515	1-Octene, 3-(methoxymethoxy)-	0,55
16,869	5-(Phenylazo)quinoline	0,11
18,538	2-Methoxycinnamic acid	0,17
24,233	4,5-dihydro-5-thioxo-1H-1,2,4-triazole-3-propanoic acid	0,37
Diğer bileşenler (< %0,1)		1,94

Çizelge 9. Kallusun (materyal 5) uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonuçları

RT (dk)	Bileşen adı	Oran (%)
4,055	2-Methoxycinnamic acid	38,47
5,286	Methylhydrazine	34,66
5,875	2,4-Dimethylbenzoic acid (2,5-dimethylphenyl) methyl ester	8,81
6,249	1-Thia-2,4,6-trisilacyclohexane, 2,2,4,4,6,6-hexamethyl	5,21
8,291	Imipramine	0,77
8,840	Methanesulfonamide,N-[(ethylamino)thioxomethyl]	0,12
8,980	6-Ethyl-7-methoxy-2-methyl-3-phenyl-4H-chromen-4-one	0,72
9,207	O-Isosamylhydroxylamine	0,81
9,406	3-Fluoro-DL-phenylalanine	0,19
10,211	5H-[1]Benzopyrano[3,4-d]pyrimidin-5-one, 4-amino-2-(2-hydroxyphenyl)-	0,13
10,497	2-(Propylamino)ethanol	0,81
10,730	Octadecanoic acid, 3-hydroxy-, methyl ester	0,68
10,952	1-Butanol, 3-(1-ethoxyethoxy)-2-methyl-	0,17
11,057	Hexanoic acid,2,2-dimethyl-	0,72
11,337	1,3-Oxathiolane, 2-methyl-	0,31
12,738	1-Propoxy-3,3-diethyltriazene 2-oxide	0,29
13,415	(9Z,12Z,15Z)-9,12,15-Octadecatrienoic acid 2-trime thylsilyloxy-1-[(trimethylsilyloxy)methyl]ethyl ester	1,25
13,811	N,N-Bis[3-(methylamino)propyl]methylamine	0,50
14,033	Pyronin Y	0,88
14,261	2,4-Dimethylbenzoic acid (3,5-dimethylphenyl) methyl ester	0,21
14,564	Methyl 2-ethylhexanoate	0,22
15,883	d-Idonic acid dimethylamide	0,12
16,064	2,3,4-Trimethyl-5-hexen-3-ol	0,18
17,739	3-(1-Ethoxyethoxy)-1-butanol	0,13
18,550	Cyclobuta[b]quinoxaline-1,2-dione, 3,8-dihydro-5-nitro-	0,16
19,291	Methyl 3-methoxypropionate	0,13
20,254	Oxiranecarboxylic acid, 3-methyl-3-(1-methylethyl)-, ethyl ester, cis-	0,16
20,866	Heptaethylene Glycol	0,13
22,693	Methyl 2-O,3-O,4-O,5-O-tetramethyl- α -D-galactoseptanoside	0,27
23,708	2-Propenoic acid, 3-[4-[(2-methoxyethoxy)methoxy]phenyl]-, (E)-	0,15
24,239	1-Dimethylthexylsilyloxyheptane	0,72
Diğer bileşenler (< %0,1)		1,93

Çizelge 10. Kallusun (materyal 6) uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonuçları

RT (dk)	Bileşen adı	Oran (%)
3,967	Acetaldehyde	7,98
4,387	1,4-Butanediol, 2-(1-ethoxyethoxy)-3-methyl-	3,93
5,088	2-[2-[2-[2-[2-[2-[2-(2-Methoxyethoxy) ethoxy]ethoxy]ethoxy]ethoxy]ethoxy]ethyl 2,2,3,3,3-pentafluoropropanoate	6,50
5,467	1,2-Propanediol	57,23
8,956	Butanoic acid, 1-methylhexyl ester	4,93
9,534	2H-Pyran, tetrahydro-2-(8-nonyloxy)-	0,89
9,791	Chroman-4-one, 2,3-dehydro-6-ethyl-7-methoxy-2-methyl-3-phenyl-	1,08
9,954	2-Methoxycinnamic acid	2,75
10,585	Propionaldehyde oxime	1,61
11,116	5H-[1]Benzopyrano[3,4-d]pyrimidin-5-one, 4-amino-2-(2-hydroxyphenyl)-	1,69
11,291	4-Chloro-3,5-dimethylisoxazole	2,19
13,625	6-(Heptyloxy)hexanamide	1,63
14,010	Dexpanthenol	0,57
14,348	Cyclohexanecarboxylic acid, 3-phenyl-2-propenyl ester	1,76
14,751	Citiolone	0,33
15,568	Ethyl 3-hydroxy-2,2-dimethyl-butanoate	0,45
16,239	Methyl 3-[(trifluoroacetoxy)methylthio]prop-2-enoate	0,90
16,513	Ethaneperoxoic acid, 1-cyano-4,4-dimethyl-1-phenylpentyl ester	0,60
16,887	Ethane-1,2-diimine, N,N'-diamino-	0,11
17,826	Oxime-, methoxy-phenyl-	0,14
18,217	2,5-Methylene-d,l-rhamnitol	0,11
19,530	Heptaethylene glycol	0,15
23,691	2-O,3-O,4-O,5-O-Tetraacetyl-D-arabinose 1,2-ethanediyil dithioacetal	0,18
25,255	2-Heptenoicacid, ethyl ester, (2E)-	0,54
Diğer bileşenler (< %0,1)		1,76

Çizelge 11. Kallusun (materyal 7) uçucu yağ bileşenlerinin analiz sonuçları

RT (dk)	Bileşen adı	Oran (%)
4,037	Cyclobutanol	14,85
4,813	DL-Aspartic acid	4,47
5,362	4-Penten-2-ol	52,16
6,045	8-Methylene-3-oxatricyclo[5.2.0.0(2,4)]nonane	11,54
6,605	8-Methylenebicyclo[5.1.0]octane	4,54
7,130	(E)-3-Decen-1-yne	3,51
7,982	1,3-dichloro-3-methylbutane	0,89
8,233	Dimethylphosphinacrylonitryl	1,70
8,922	1,4-Cineole	1,77
9,458	Gabaculine	0,28
10,841	Pyruvic acid	2,50
12,785	3-Hexanol,2,4-dimethyl-	0,20
12,983	(-)-1,2:5,6-Di-O-cyclohexylidene-L-inositol	0,12
13,636	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-	0,23
13,922	Cyclohexane,(1,1-dimethylpropyl)-	0,21
15,329	D-Ribose	0,39
Diğer bileşenler (< %0,1)		0,65

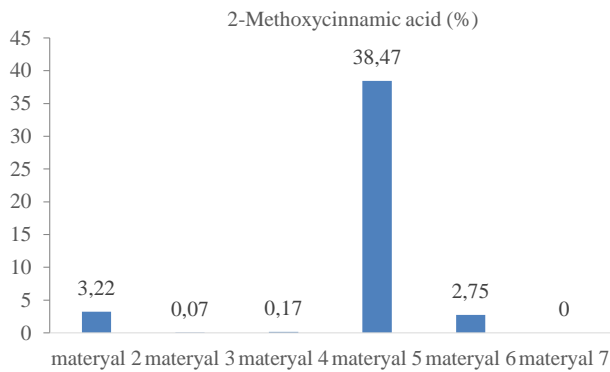
Analiz sonucuna göre uçucu yağın ana bileşenlerini donör bitkiden ve önceki verilen kalluslardan farklı olarak %52,16 oranı ile 4-Penten-2-ol, %14,85 oranı ile Cyclobutanol ve %11,54 oranı ile 8-Methylene-3-oxatricyclo [5.2.0.0(2,4)] nonane oluşturmaktadır. Önceki tüm kallus analizlerinde bulunan 2-Methoxycinnamic acid bileşiği bu kallusda bulunmamaktadır.

Tüm analiz sonuçlarıyla kıyaslandığında, diğer kalluslardan farklı olarak MS besi ortamı ve NAA + Kinetin kombinasyonunda gelişen kallusun daha farklı bileşenler oluşturduğu görülmektedir. Kallusların analiz sonuçlarında (%0,1'in altındaki bileşenler de dahil) aralarında ortak olarak bulunan bileşenler Çizelge 12'de toplu olarak gösterilmiştir.

Kallus analizlerinde en fazla görülen bileşenlerin 2-Methoxycinnamic acid, 5H-[1]Benzopyrano[3,4-d]pyrimidin-5-one, 4-amino-2-(2-hydroxyphenyl)- ve Heptaethylene glycol olduğu görülmektedir. Ana bileşenler bakımından kalluslar arasında ortak bileşen bulunmamaktadır. Çizelge 12'ye göre kallus analizlerinde en fazla görülen bileşenlerden olan 2-Methoxycinnamic acid, sadece 7 numaralı kallusda ve 5H-[1]Benzopyrano[3,4-d]pyrimidin-5-one, 4-amino-2-(2-hydroxyphenyl)- sadece 4 numaralı kallusda, Heptaethylene glycol ise 3 ve 7 numaralı kalluslarda bulunmamaktadır. 2-Methoxycinnamic acid diğer kalluslardan farklı olarak sap boğumu eksplantının kullanıldığı 5 numaralı kallusta en fazla oranda bulunmamaktadır (Şekil 3).

Çizelge 12. Kallusların uçucu yağlarında tespit edilen ortak bileşenler

Materyal no	Bileşen adı
5-6	(9Z,12Z,15Z)-9,12,15-Octadecatrienoic acid 2-trimethylsilyloxy-1-[(trimethylsilyloxy)methyl] ethyl ester
3-4	1-(1-Adamantyl)-2-triisopropylsilyloxyethane
2-7	12-Crown-4
4-5	1-Propoxy-3,3-diethyltriazene 2-oxide
3-7	2-((6-((2,6-Dichlorobenzylidene)amino)-1,3-benzothiazol-2-yl)thio)-N-(2,6-diethylphenyl) acetamide
2-4	2,4-Disilapentane
2-3-4-5-6	2-Methoxycinnamic acid
2-3	3,6,9,12,15-Pentaoxaheptadecane
2-3-5-6-7	5H-[1]Benzopyrano[3,4-d]pyrimidin-5-one, 4-amino-2-(2-hydroxyphenyl)-
4-6	Acetaldehyde
2-6	Chroman-4-one, 2,3-dehydro-6-ethyl-7-methoxy-2-methyl-3-phenyl-
2-4-5-6	Heptaethylene glycol
2-4-5	Methyl 3-methoxypropionate
3-6	Oxime-, methoxy-phenyl-
4-5	Pyronin Y



Şekil 3. Kalluslarda tespit edilen 2-Methoxycinnamic acid bileşeninin karşılaştırmalı gösterimi

4. Tartışma ve sonuç

Analiz sonuçlarına göre en önemli bileşenlerden olan Carvacrol, donör bitkide %36,28 oranı ile ana bileşeni oluşturmaktadır. *In vitro* ortamda gelişen rejenerant bitkinin uçucu yağının ana bileşenlerini donör bitkinin analiz sonuçlarından farklı olarak %26,49 oranı ile Carbamic Acid ve %19,67 oranı ile Carvacrol ve devamında %11,21 ile Urocanic acid ve %10,81 ile 2,4,6-Octatrienal bileşenleri oluşturmaktadır. Donör bitkide %19,76 oranı ile bulunan ortho-Cymene, rejenerant bitkide biraz daha düşük olarak %9,51 oranında bulunmaktadır.

Rejenerant bitkinin analiz sonucuna göre diğer önemli bileşenlerden; α -Terpinene (%5,43), β -Phellandrene (%2,02), Limonene (%1,59), α -Terpineol (%0,85), Sabinene (%0,79), Humulene (%0,67), Camphene (%0,61) ve β -Cadinene (%0,20) donör bitkiye kıyasla daha yüksek oranlarda tespit edilmiştir. Bununla birlikte 2-Carene (%0,85), 3-Octanol (%0,85), 1-Octen-3-ol (%0,78), Borneol (%0,30), cis- β -Terpineol (%0,16), Chlorothymol (%0,15) ve Linalool (%0,14) bileşenleri donör bitkiye kıyasla rejenerant bitkide daha düşük oranlarda tespit edilmiştir. Donör ve rejenerant bitkilerde ortak bulunan başlıca 15 bileşenden (Çizelge 5) Carvacrol, ortho-Cymene, 2-Carene, 3-Octanol, 1-Octen-3-ol, cis- β -Terpineol, Chlorothymol ve Linalool bileşenlerinin donör bitkide ve α -Terpinene, β -Phellandrene, Limonene, α -Terpineol, Humulene ve Camphene bileşenlerinin de *in vitro*'da gelişen rejenerant bitkide daha yüksek oranlarda bulunduğu tespit edilmiştir. Caryophyllene birbirine yakın değerlerde bulunmaktadır.

Guillen ve Cabo (1996); Başer vd., (2003); Caveno vd., (2005) ve Genena vd., (2008) tıbbi ve aromatik bitkilerdeki uçucu yağın miktar ve içeriğinin öncelikli olarak türe, varyeteye, agronomik koşullara, hasat zamanına ve en önemli faktörlerden olan gelişme ortamının çevresel ve ekolojik karakteristiklerine bağlı olarak değişiklik gösterebildiğini ve bununla birlikte Moretti vd., (1998) toprak karakteristiklerinin verim ve uçucu yağ kompozisyonları üzerinde etkili olabildiğini ve granitik siltli topraklarda yetişen türlerin kireçli topraklarda yetişenlere nazaran daha güc ve daha yoğun aromalı olabildiğini bildirmişlerdir. Lukas vd., (2009), *Origanum syriacum* taksonlarının 11 Suriye popülasyonunda uçucu yağ bileşenlerini inceledikleri araştırmada, popülasyonlar arasında ana bileşen bakımından Carvacrol ve/veya Thymol olarak büyük değişkenlik görüldüğünü ve Soliman vd., (2007)'da *Origanum syriacum* subsp. *sinaicum* taksonunun uçucu yağ bileşenlerini dört mevsim boyunca inceledikleri araştırmada, uçucu yağın bileşenlerinin mevsimlere göre değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Simon vd., (1984) ve Al-Sereiti vd., (1999), sıcaklık, solar radyasyon ve yağmur gibi mevsimsel streslerin değişiminin, tıbbi ve aromatik türlerin yetiştikleri ekolojik koşullardaki fenolik bileşiklerin düzeyini ve kalitesini belirgin bir biçimde değiştirebildiğini bildirmişlerdir. *Origanum* taksonlarında yapılan benzer uçucu yağın bileşenlerine ait analizlerde de (Alma vd., 2003; Özgüven vd., 2006; Başer vd., 2003; Sakenova 2005; Morone-Fortunato ve Avato 2008; Çakır 2011) az çok benzer yanlar bulunmakla birlikte büyük oranda farklılıkların bulunduğu görülmektedir. Düşük oranlardaki bileşiklerde bazı benzerlikler görülmekle birlikte, ana bileşenler bakımından büyük farklılıklar bulunmaktadır.

Yapılan bu araştırma çalışmasında da donör ve rejenerant bitkiler arasında tespit edilen farklılıklar rejenerant bitkinin *in vitro*'da farklı besi ortamı ve stres koşullarındaki gelişimine bağlanabilir. Diğer taraftan donör bitkinin bulunduğu değişken doğada hüküm süren stres koşullarına da bağlanabilir. Nayak vd., (2009) *in vitro* çalışmalarda kullanılan bitki büyüme düzenleyicilerinden özellikle de sitokininlerin aynı zamanda uçucu yağın miktar ve içeriğinde farklılıklara sebep olduğunu bildirmiştir. El-Gengaihi vd., (2006) da *Origanum vulgare*, *O. vulgare* var. *hirtum* ve *O. syriacum* taksonlarında donör bitkilerin ve kallusların uçucu yağ bileşenlerini inceledikleri araştırmada, *in vivo*'da tespit edilen yağın *in vitro*'da miktar ve kalite olarak değiştiğini tespit etmişlerdir.

Bu araştırmada kalluslarda tespit edilen bileşenlerin düşük oranda olanları açısından çok az benzerlik bulunmakla birlikte (Çizelge 12), kalluslarda ana bileşenlerin ve büyük çoğunlukla da diğer tüm bileşenlerin büyük oranda farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca kalluslarda tespit edilen bileşenlerin donör ve rejenerant bitkilerin bileşenlerinden çok farklılık gösterdiği ve donör ve rejenerant bitkide bulunan temel bileşenlerin ve diğer tüm bileşenlerin görülmediği ve tamamen farklı bileşenlerin bulunduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte farklı kallus oluşumları arasında ortak olarak en fazla görülen bileşenlerin 2-Methoxycinnamic acid, 5H-[1]Benzopyrano[3,4-d]pyrimidin-5-one, 4-amino-2-(2-hydroxyphenyl)- ve Hepta-ethylene glycol olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada ve benzer olarak yapılan çalışmalarda kallus analizlerinde büyük farklılıklar görülmesi de Nayak vd., (2009)'nın bildirdiği gibi farklı büyüme düzenleyicisi ve konsantrasyonlarına bağlanabilir. Aynı zamanda bu araştırmada indüksiyon aşamasında aynı B5 + 0,25 mg/l 2,4-D + 2,00 mg/l BAP kombinasyonunda oluşan ve aynı B5 + 0,25 mg/l 2,4-D + 0,50 mg/l BAP kombinasyonundaki rejenerasyon ortamında büyütülen kalluslarda (Materyal 5-6) sadece kullanılan eksplantlar (boğum ve yaprak) farklı olduğu halde uçucu yağ analizlerinde çok büyük farklılık bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 9-10). Özellikle de 2-Methoxycinnamic acid bileşeni yaprak disklerinden gelişen kalluslara kıyasla sadece sap boğumundan gelişen kallusda %38,47 oranı ile çok daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Wu vd., (2016) ve Khan vd., (2016)'nın araştırma sonuçlarıyla da uyumluluk göstermektedir. Wu vd., (2016), *Salvia miltiorrhiza* taksonunda gövde ve yaprak eksplantından elde edilen kallus kültürlerinde gövdeden elde edilen kalluslarda rosmarinik asit ve salvianolik asit B biyosentezinin sırasıyla %1,27 ve %0,87 olduğunu, buna karşılık yapraklardan elde edilen kalluslarda ise %0,28 ve %0,07 olduğunu bildirmişlerdir. Khan vd., (2016) *Fagonia indica* taksonunda gövde ve yaprak eksplantından elde edilen kallus kültürlerinde 1 mg/l TDZ uygulamasının fenolik madde ve flavonoid birikimini önemli ölçüde artırdığını ve gövdeden elde edilen kalluslarda yaprağa oranla daha fazla fenolik madde ve flavonoid birikimi olduğunu bildirmişlerdir. Dolayısıyla yapılan analizlerin sonuçlarına göre *in vitro*'da gelişen kallusun uçucu yağ bileşenlerinin gelişmesinde tür, genotip, besin ortamı-oksin-sitokinin ve ayrıca kullanılan eksplant etkenlerinin önemli bir rol oynadığı ortaya çıkmaktadır.

Taiz ve Zeiger (2008)'in bildirdiğine göre, fenolik bileşikler bitkilerde birkaç yoldan sentelenmektedir. Yüksek bitkilerde pek çok fenolik, en azından kısmen, bir shikimic acid metabolik yolu olan fenilalaninden kökenlenmektedir. Fenilalaninden amonyum molekülünün uzaklaşmasıyla cinnamic acid oluşmaktadır. Cinnamic acid ise basit fenoliklerin oluşumunda rol oynayan başlangıç bileşenlerindedir. Diğer birçok sekonder metabolitlerde olduğu gibi bitkiler basit fenolik bileşiklerin temel karbon iskeletini kullanarak daha kompleks ürünler oluşturabilmektedir.

Kallus analizlerinde B₅ + 2,4-D + BAP veya Kinetin kombinasyonlarında (Materyal 2-3-4-5-6) tespit edilen, fakat MS + NAA + Kinetin kombinasyonunda (Materyal 7) bulunmayan 2-Methoxycinnamic acid, sap boğumu eksplantından gelişen kallusta (Materyal 5), yaprak eksplantından gelişen diğer kalluslara göre en yüksek oranda bulunmakta (%38,4) ve ana bileşeni oluşturmaktadır. Yapılan

bu araştırmada sap boğumu eksplantından gelişen kallusun uçucu yağ bileşenlerinden ana bileşeni oluşturan 2-Methoxycinnamic acid (Çizelge 9), Taiz ve Zeiger (2008)'in bildirdiğine göre basit fenoliklerin oluşumunda rol oynayan başlangıç bileşenlerinden birisidir.

Bourgau vd., (2001), oksin ve sitokininlerin oranlarının dengelendiği durumlarda kallus hücrelerinin sürekli bir çoğalma eğiliminde olduğunu, fakat etken bileşiklerin donör bitkide bulunan konsantrasyonlardan çok daha düşük oranlarda bulunacağını ve sekonder metabolitlerin üretimi için hücre süspansiyon kültürlerinin daha başarılı olduğunu ve sekonder metabolit üretiminin daha etkin ve yoğun bir şekilde elde edilmesi amacıyla çeşitli biyoreaktör sistemlerinin geliştirildiğini ve bitki hücre kültürleri yanında birçok bileşiğin üretilebildiğini bildirmişlerdir.

Araştırmada uçucu yağın bileşen analizleriyle ilgili elde edilen bu sonuçlar, *O. syriacum* var. *bevanii* taksonunun *in vitro* sekonder metabolit üretiminde temel oluşturabilecek ümitvar temel bilgiler ortaya koymuştur. Bundan sonraki çalışmalara sap boğumu gibi gövde eksplantları üzerinde yoğunlaşarak devam edilmelidir.

Açıklama

Bu makale; Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne yürütülen 20.7705 proje numaralı ve "Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) ve Dağ kekiğinin (*Origanum syriacum* L. var. *bevanii* (Holmes) Ietswaart) *in vitro* rejenerasyon olanaklarının ve uçucu yağ bileşenlerinin araştırılması" isimli araştırma projesi kapsamında hazırlanmıştır. Uçucu yağ analizleri için Prof. Dr. Ebru KAFKAS'a ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Rüştü HATİPOĞLU'na teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Alma, M.H., Mavi, A., Yıldırım, A., Digrak, M., Hira, T., 2003. Screening chemical composition and *in vitro* antioxidant and antimicrobial activities of the essential oils from *Origanum syriacum* L. growing in Turkey. *Biol. Pharm. Bull.* 26(12): 1725-1729.
- Al-Sereiti, M.R., Abu-Amer, K.M., Sen, P., 1999. Pharmacology of rosemary (*Rosmarinus officinalis* Linn.) and its therapeutic potentials. *Indian Journal of Experimental Biology*, 37: 124-130.
- Arafah, R.M., Shibli, R.A., Al-Mahmoud, M., Shatnawi, M.A., 2006. Callusing, cell suspension culture and secondary metabolites production in persian oregano (*Origanum vulgare* L.) and arabian oregano (*O. syriacum* L.). *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 2(3): 274-282.
- Başer, K.H.C., Özek, T., Tümen, G., Sezik, E., 1993. Composition of the essential oils of Turkish *Origanum* species with commercial importance. *J. Essent. Res.*, 5: 619-623.
- Başer, K.H.C., Kürkçüoğlu, M., Demirci, B., Özek T., 2003. The essential oil of *Origanum syriacum* L. var. *sinaicum* (Boiss.) Ietswaart. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(2): 98-99.
- Baytop, A., 1983. *Farmasötik Botanik*. İstanbul Üniv. Eczacılık Fak. Yayınları, 36: 282-285.
- Baytop, T., Başer, K.H.C., 1995. On essential oils and aromatic waters used as medicine in Istanbul between 17th and 19th centuries. (Ed., Baser, K.H.C.), *Proceedings of the 13th International Congress of Flavours, Fragrances and Essential Oils*, AREP Publishers, Istanbul, 2: 99-107.
- Boudet, A.M., 2007. Evolution and current status of research in phenolic compounds. *Phytochemistry*, 68: 22-24.
- Bourgau, F., Gravot, A., Milesi, S., Gontier, E., 2001. Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Science*, 161: 839-851.

- Cavero, S., Jaime, L., Martin-Alvarez, P.J., Senorans, F.J., Reglero, G., Ibanez, E., 2005. *In vitro* antioxidant analysis of supercritical fluid extracts from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). Eur. Food Res. Technol., 221: 478-486.
- Çakır, A., 2011. Batı anadolu endemiği *Origanum sipyleum* L. (kekik) bitkisinin *in vitro* mikroçoğaltımı ve mikro bitkilerde uçucu yağ içeriğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Daouk, R.K., Dagher, S.M., Sattout, E.J., 1995. Antifungal activity of the essential oil of *Origanum syriacum* L. J. Food Prot., 58(10): 1147-1149.
- Deans, S.G., Svoboda, K.P., Gundidza, M., Brechany, E.Y., 1992. Essential oil profiles of severe temperate and tropical aromatic plants: their antimicrobial and antioxidant activities. Acta Horticulture, 306: 229-232.
- El-Gengaihi, S., Taha, H.S., Kamel, A.M., 2006. *In vivo* and *in vitro* comparative studies of *Origanum* species. Journal of Food, Agriculture & Environment, 4(3&4): 127-134.
- Gamborg, O.L., Miller, R.A., Ojima, K. 1968. Nutrient requirement of suspension cultures of soybean root cultures. Experimental Cell Research, 50: 151-158.
- Genena, A.K., Hense, H., Junior, A.S., Souza, S.M., 2008. Rosemary (*Rosmarinus officinalis*): a study of the composition, antioxidant and antimicrobial activities of extracts obtained with supercritical carbon dioxide. Cienc. Technol. Aliment., Campinas, 28(2): 463-469.
- Goleniowski, M.E., Flamarique, C., Bima, P., 2003. Micropropagation of oregano (*Origanum vulgare* x *applii*) from meristem tips. In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant 39: 125-128.
- Grzegorzczak, I., Bilichowsky, I., Mikiciuk-Olasik, E., Wysokinska, H., 2005. *In vitro* cultures of *Salvia officinalis* L. as a source of antioxidant compounds. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 74(1): 17-21.
- Guillen, M.D., Cabo, N., 1996. Characterization of the essential oils of some cultivated aromatic plants of industrial interest. J.Sci. Food Agric, 70: 359-363.
- Güllüba, A.G., Özkurt, N., 2006. Doğu Akdeniz Bölgesi Kekiklerinin (*Origanum* sp.) Kültüre Alınması ve Islahı. Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Teknik Bülten No: 24, Tarsus.
- Khan, T., Abbasi, B.H., Khan, M.A., Shinwari, Z.K., 2016. Differential effects of thidiazuron on production of anticancer phenolic compounds in callus cultures of *Fagonia indica*. Applied Biochemistry and Biotechnology, 179(1): 46-58.
- Kumari, N., Saradhi, P.P., 1992. Regeneration of plants from callus cultures of *Origanum vulgare* L. Plant Cell Reports, 11: 476-479.
- Leelavathi, D., Kuppan, N., 2013. Callus induction and regeneration of multiple shoots from *in vitro* apical bud explant of *Origanum vulgare*. An important medicinal plant. International Journal of Research in Pharmacy and Chemistry, 3(4): 898-903.
- Lukas, B., Schmiederer, C., Franz, C., Novak, J., 2009. Composition of essential oil compounds from different Syrian populations of *Origanum syriacum* L. (Lamiaceae). J. Agric. Food Chem., 57(4): 1362-1365.
- Mansuroğlu, S., Gürel, E., 2001. Mikroçoğaltım. Bitki Biyoteknolojisi I. Doku Kültürü ve Uygulamaları. (Ed., Babaoğlu, M., Gürel, E., Özcan, S.), Selçuk Üniversitesi Yayınları, Konya, s: 262-281.
- Moretti, M.D.L., Peana, A.T., Passino, G.S., Solinas, V., 1998. Effects of soil properties on yield and composition of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil. Journal of Essential Oil Research, 10:3, 261-267.
- Morone-Fortunato, I., Avato, P., 2008. Plant development and synthesis of essential oils in micropropagated and mycorrhiza inoculated plants of *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* (Link) Ietswaart. Plant Cell Tiss. Organ Cult., 93: 139-149.
- Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant., 15: 473-497.
- Nayak, S., Kuanar, A., Mohanty, S., Panda, M.K., 2009. Essential oils from leaves of micropropagated Turmeric. Current Science, 96(9): 1166-1167.
- Oana, C.T., Marcela, F., Maria, P., 2008. Considerations regarding the effects of growth regulators over the “*in vitro*” morphogenetic reaction at *Origanum vulgare* L. J. Plant Develop., 15: 133-138.
- Özgülven, M., Ayanoğlu, F., Özel, A., 2006. Effects of nitrogen rates and cutting times on the essential oil yield and components of *Origanum syriacum* L. var. *bevanii*. Journal of Agronomy, 5(1): 101-105.
- Sakenova, G., 2005. Türkiye’de kültüre alınmış *Origanum* türlerinin uçucu yağları yönünden araştırılması. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Simon, J.E., Chadwick, A.F., Craker, L.E., 1984. Herbs, An Indexed Bibliography, 1971-1980. Elsevier Science Publishing, Amsterdam.
- Solarova, J., Pospisilova, J., 1997. Effect of carbon dioxide enrichment during *in vitro* cultivation and acclimation to *ex vitro* condition. Biologia Plantarum, 39(1): 23-30.
- Soliman, F.M., Yousif, M.F., Zaghoul, S.S., Okba, M.M., El-Sayed, E.M., El-Sayed, E.M., 2007. Seasonal variation in the essential oil composition of *Origanum syriacum* L. subsp. *sinaicum* greuter and burdet; evaluation of its tocolytic activity. Egyptian Journal of Biomedical Sciences, 23(1): 121-134.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2008. Bitki Fizyolojisi. (Ed., Türkan, İ.), Palme Yayınları: 455: 290-291.
- Taji, A., Kumar, P.P., Lakshmanan, P., 2002. *In vitro* plant breeding. Food Products Press, Crop Science, Chapter 1, Binghamton.
- Tisserat, B., Vaughn, S.F., 2008. Growth, morphogenesis and essential oil production in *Mentha spicata* L. plantlets *in vitro*. In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant, 44: 40-50.
- Türker, A.H., Hatipoğlu, R., 2018. Dağ kekiği (*Origanum syriacum* L. var. *bevanii* (Holmes) Ietswaart)’nin mikroçoğaltımı. Ormanlık Araştırma Dergisi, Turkish Journal of Forestry Research, 5:2: 97-111.
- Wu, C.F., Karioti, A., Rohr, D., Bilia, A.R., Efferth, T., 2016. Production of rosmarinic acid and salvianolic acid B from callus culture of *Salvia miltiorrhiza* with cytotoxicity towards acute lymphoblastic leukemia cells. Food chemistry, 201: 292-297.

İstilacı egzotik böcek türü *Xylosandrus compactus* (Eichhoff)'un İstanbul - Türkiye'deki konukçu bitki türleri

Sabiha Acer^a, Erdem Hızal^{a,*}, Süreyya Altunışık^b

Özet: Bir ksilomisetofag kabuk böceği türü olan *Xylosandrus compactus*, ağırlıklı olarak polifag ve öncelikle fitofagdır. *Xylosandrus compactus*, Türkiye'de tespit edilen ikinci *Xylosandrus* türüdür ve dünya çapında yayılma bölgelerinde ekonomik değeri olan bitkilere ciddi zarar vermesiyle bilinmektedir. Türkiye'de ilk kayıttan sonra farklı konukçularını da tespit ettiğimiz bu araştırma Temmuz (2022) ile Şubat (2023) ayları arasında gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmaları sırasında solmuş ve kurumuş böcek giriş delikli ince dallar kesilerek incelenmek üzere laboratuvara getirilmiştir. Araştırmamız sonucunda *X. compactus*'un Türkiye konukçu listesine 25 yeni tür (*Acer negundo*, *A. pseudoplatanus*, *Aesculus x carnea*, *A. hippocastanum*, *Buxus sempervirens*, *Carpinus betulus*, *Castanea sativa*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Elaeagnus angustifolia*, *Juglans regia*, *Laburnum anagyroidis*, *Liriodendron tulipifera*, *Malus domestica*, *M. floribunda*, *Mespilus germanica*, *Prunus laurocerasus*, *Punica granatum*, *Quercus castaneifolia*, *Q. robur*, *Q. rubra*, *Tilia tomentosa*, *Smilax excelsa*, *Ulmus minor*, *Viburnum opulus*) eklenmiş ve tespit edilen konukçu bitki sayısı 32'ye yükselmiştir.

Anahtar kelimeler: *Xylosandrus compactus*, Konukçu bitkiler, *Laurus nobilis*, Türkiye, Scolytinae

Host plant species of invasive exotic insect species *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) in Istanbul - Türkiye

Abstract: *Xylosandrus compactus*, a xylomycetophagous bark beetle species, is predominantly polyphagous and primarily phytophagous. *Xylosandrus compactus* is the second *Xylosandrus* species reported in Turkey, and it is known for its severe damage to economically valuable plants in its spreading areas worldwide. The present research, in which we also detected different hosts after the first record in Turkey, was carried out between July (2022) and February (2023). During the field studies, wilted and dried twigs with insect entrance holes were cut and brought to the laboratory for examination. As a result of our research, a total of 25 new species (*Acer negundo*, *A. pseudoplatanus*, *Aesculus x carnea*, *A. hippocastanum*, *Buxus sempervirens*, *Carpinus betulus*, *Castanea sativa*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Elaeagnus angustifolia*, *Juglans regia*, *Laburnum anagyroidis*, *Liriodendron tulipifera*, *Malus domestica*, *M. floribunda*, *Mespilus germanica*, *Prunus laurocerasus*, *Punica granatum*, *Quercus castaneifolia*, *Q. robur*, *Q. rubra*, *Tilia tomentosa*, *Smilax excelsa*, *Ulmus minor*, *Viburnum opulus*) have been added to the host list of *Xylosandrus compactus* and the number of host plants raised to 32.

Keywords: *Xylosandrus compactus*, Host plants, *Laurus nobilis*, Türkiye, Scolytinae

1. Giriş

Scolytinae, Coleoptera takımının alt familyalarından biridir ve Türkiye'de 135 türle temsil edilir (Wood ve Bright, 1992; Knižek, 1998; Selmi, 1998; Sarıkaya ve Avcı, 2011; Sarıkaya, 2013; Sarıkaya ve Knižek, 2013; Cognato, 2015; Lieutier vd., 2016). Bu canlıların çoğu ölü veya ölmekte olan bitki dokuları ile beslenir. Bu yüzden ekonomik açıdan pek önemsenmezler. Ancak bazı türleri sağlıklı ağaçlara, mobilya veya kaplama için kullanılan kerestelere giderek önemli ekonomik kayıplara neden olur. Bir kısmı ise ağaçların ölümünden odunun kalitesini düşürmeye kadar çeşitli olaylara sebep olan patojenik mantarları taşırlar (Knižek ve Beaver, 2007).

Xylosandrus cinsi Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) alt familyasının Xyleborini tribesinde yer alır (Wood ve Bright, 1992). Smith vd., (2022) bu cinsin tropikal ve subtropikal alanlarda yaşayan 40 türü bildirmiştir.

Xylosandrus cinsi içinde ekonomik öneme sahip olanlar *Xylosandrus compactus* (Eichhoff), *X. germanus* (Blandford) ve *X. morigerus* (Blandford)'dır. *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) Türkiye'de *X. germanus*'tan sonra tespit edilen ikinci türdür (Ak vd., 2011; Hızal vd., 2023). Doğal yayılış alanı Asya'nın doğusu olan bu türün Afrika, Pasifik adaları, Güney ve Kuzey Amerika'ya da ulaştığı bilinmektedir (Wood ve Bright, 1992; Rabaglia vd., 2006; Chong vd., 2009; EPPO, 2022). Avrupa'da ilk defa İtalya'da (FITOLAB, 2011; Garonna vd., 2012) görülmüştür. İlerleyen tarihlerde Fransa, Yunanistan, Monako, İspanya ve Malta'da da tespit edilmiştir (Chapin vd., 2016; Spanou vd., 2019; Roques vd., 2019; Leza vd., 2020; EPPO, 2022).

Xylosandrus compactus diğer birçok ksilomisetofag (hem mantar hemde odundaki ksilem dokusunu besin olarak kullanan) kabuk böceği gibi büyük ölçüde polifag olan primer fitofag bir türdür. Bu nedenle yeni giriş yaptığı alanlarda önemli bitki sağlığı sorunlarına neden olabilir

^a İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, İstanbul, Türkiye

^b İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Avrupa Yakası Park ve Bahçeler Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): hizal@istanbul.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 02.02.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 29.03.2023



Citation (Atf): Acer, S., Hızal, E., Altunışık, S., 2023. İstilacı egzotik böcek türü *Xylosandrus compactus* (Eichhoff)'un İstanbul - Türkiye'deki konukçu bitki türleri. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 56-60.

DOI: [10.18182/tjf.1246523](https://doi.org/10.18182/tjf.1246523)

(Pennacchio vd., 2012). Dünyada 77 familyaya ait 340 kadar bitki türünde zarar yaptığı bilinmektedir (Hızal vd., 2023). Avrupa'da yayılış gösterdiği alanlarda çok sayıda konukçusu belirlenmiştir. Bunlar *Acer* spp., *Alnus* spp., *Arbutus unedo* L., *Azalea* spp., *Camelia* spp., *Castanea sativa* Mill., *Celtis australis* L., *Ceratonia siliqua* L., *Cercis siliquastrum* L., *Citrus medica f. aurantifolia* (Christm.), *C. limon* (L.), *Cornus sanguinea* Thunb., *Coryllus avellana*, *Eucalyptus* spp., *Evonymus* spp., *Fagus* spp., *Ficus* spp., *Fraxinus ornus* L., *Hibiscus* spp., *Gardenia* spp., *Laurus nobilis* L., *Liquidambar styraciflua* L., *Liriodendron tulipifera* L., *Magnolia* spp., *Morus alba* L., *Olea europea* L., *Phillyrea* spp., *Pistacia lentiscus* L., *Pittosporum* spp., *Platanus* spp., *Prunus laurocerasus* L., *Punica granatum* L., *Quercus ilex*, *Q. robur* Asso, *Rhamnus* sp., *Ostrya* spp., *Rhododendron* spp., *Ruscus aculeatus*, L., *Tilia* spp., *Ulmus* spp., *Viburnum tinus* L. ve *Vitis* spp.'dir (FITOLAB, 2011; Garonna vd., 2012; Pennacchio vd., 2012; Vannini vd., 2017; Spanou vd., 2019; Leza vd., 2020; Faccoli, 2021; Riba-Flinch vd., 2021).

Xylosandrus compactus'un ergin dişileri canlı bitki dallarının dokularında anaç yollarını kazarak yaptıkları mekanik hasarın yanında, yumurta bırakmadan az önce mikangiumlarında taşıdıkları ve bitki için patojenik olduğu varsayılan simbiyotik ambrosya mantarlarını bulaştırarak da ikinci bir hasara sebep olur (Pennacchio vd., 2012; Vannini vd., 2017; Benvenuti vd., 2021). Ancak patojenik olanın bu ambrosya mantarları mı olduğu yoksa yine bu böceğin simbiyontu olduğu bilinen 60 kadar diğer mantar türüne dâhil *Fusarium* spp.'mi olduğu tartışması devam etmektedir (Vannini vd., 2017; Benvenuti vd., 2021; Morales-Rodríguez vd., 2021). Dişi bulaştırdığı ambrosya mantarı çimlenip gelişmeye başladıktan sonra gruplar halinde yumurtalarını bırakır. Yaşam döngüsünde belirlenen 3 larval ve bir pupal evre iklim koşullarına bağlı olarak 27 – 40 gün içinde tamamlanır (Pennacchio vd., 2012). İtalya ve Güney Fransa'da bu türün yılda 2 ile 3, Sicilya'da 5'e kadar nesil verdiği, Nisan – Mayıs aylarından Kasım ayının sonuna kadar aktif olduğu bildirilmektedir (Pennacchio vd., 2012; Roques vd., 2019; Gugliuzzo vd., 2019). Erkeklerin uçuşa yetenekleri kanatlarının yeterince gelişmemesi nedeniyle yoktur ve tüm yaşamlarını galerilerde geçirmektedirler. Ancak dişilerin uçuşa yeteneği iyidir ve asıl zararı bunlar yapmaktadır. Ergin dişiler daha önce istila edilmiş alandan 8 km'ye kadar uzağa uçabilirler (Hara ve Beardsley, 1979; Gugliuzzo vd., 2019).

Bu çalışmada zararının Türkiye'de ilk tespit edildiği yer olan İstanbul'daki konukçu bitki türleri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Araştırma Temmuz (2022) ile Şubat (2023) ayları arasında Bakırköy (Florya), Beşiktaş (Dolmabahçe Sarayı, Yıldız Korusu), Beykoz (Küçüksu ve Mecidiye Kasırları), Büyükçekmece (Mimaroba), Sarıyer (Atatürk Arboretumu, Emirgan Korusu, Haciosman, İUC Orman Fakültesi Yerleşkesi), Şişli (Maçka Demokrasi Parkı), Üsküdar

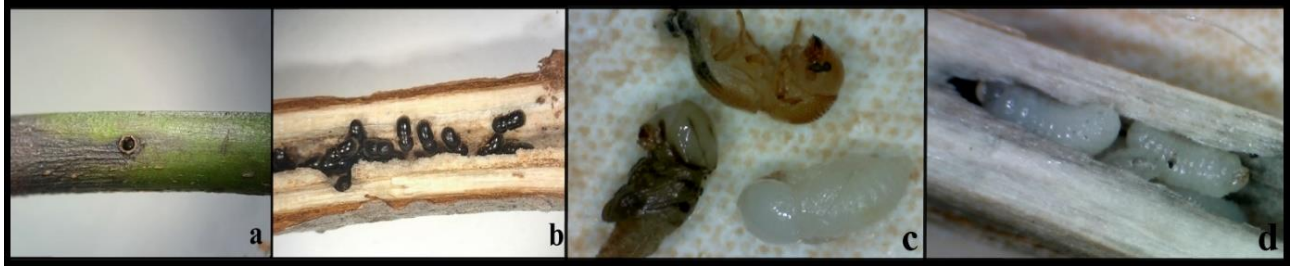
(Beylerbeyi Sarayı, Validebağ Korusu) ilçelerinde yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında bitkiler üzerindeki solmuş ve kurumuş, böcek giriş delikleri olan ince dallar kesilmiş plastik poşetlere konularak laboratuvara getirilmiştir (Şekil 1). Bu dallar bisturi ve budama makası ile boyuna bölünerek içindeki böcek larvaları, pupaları ve ergin bireyleri ile tünelleri açığa çıkarılmıştır (Şekil 2). Elde edilen tüm ergin böcekler Leica S8APO mikroskobu ve Leica DFC kamera altında incelenmiş ve ilgili literatürden teşhisleri yapılmıştır (Pennacchio vd., 2012; Greco ve Wright, 2015).

3. Bulgular

Araştırma sonucunda *X. compactus*'un İstanbul'daki konukçu listesine 20 cinse ait 25 bitki türü (*Carpinus betulus* L., *Coryllus avellana* L., *Buxus sempervirens* L., *Cornus sanguinea* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Laburnum anagyroidis* Medik., *Castanea sativa* Mill., *Quercus castaneifolia* C. A. Mey., *Q. robur* L., *Q. rubra* L., *Juglans regia* L., *Punica granatum* L., *Liriodendron tulipifera* L., *Tilia tomentosa* Moench, *Malus domestica* (Suchow) Borkh., *M. floribunda* Siebold ex Van Houtte, *Mespilus germanica* L., *Prunus laurocerasus* L., *Acer negundo* L., *A. pseudoplatanus* L., *Aesculus x carnea* Zeyh., *A. hippocastanum* L., *Smilax excelsa* L., *Ulmus minor* Mill., *Viburnum opulus* L.) daha eklenmiştir (Çizelge 1). Daha önce İstanbul'da yapılan çalışma da dahil edildiğinde bu türün Türkiye'deki konukçu sayısı 32'ye ulaşmıştır (Hızal vd., 2023).



Şekil 1. *Xylosandrus compactus*'un zararı sonucu oluşan kurumuş dallar (a. *Laurus nobilis* L. (Defne); b. *Aesculus x carnea* Zeyh (Kırmızı Çiçekli At Kestanesi))(Fotoğraflar: Erdem Hızal)



Şekil 2. *Xylosandrus compactus*'un a. Giriş deliği (*Laurus nobilis* (Defne)); b. Dişi ergin bireyler (*Aesculus x carnea* (Kırmızı Çiçekli At Kestanesi)) c. Pupa; d. Larva (Fotograflar: a,b: Erdem Hızal; c,d: Süreyya Altunışık)

Çizelge 1. *X. compactus*' un İstanbul'da tespit edilen konukçu bitkileri

Familya	Tür*	Yaşam Evresi			Yer	Kaynak
		Larva	Pupa	Ergin		
Betulaceae	<i>Carpinus betulus</i> L.		X	X	Haciosman-Sarıyer	Bu çalışma
	<i>Corylus avellana</i> L.			X	Haciosman-Sarıyer	Bu çalışma
Buxaceae	<i>Buxus sempervirens</i> L.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
Caprifoliaceae	<i>Lonicera pileata</i> var. <i>yunnanensis</i> (Franch.) Bernd Schulz	X	X	X	Emirgan Korusu-Sarıyer Florya -Bakırköy	Hızal vd., 2023
Cornaceae	<i>Cornus sanguinea</i> L.			X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
Elaeagnaceae	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.		X	X	Mimaroba-Büyükçekmece	Bu çalışma
Fabaceae	<i>Cercis siliquastrum</i> L.	X	X	X	Dolmabahçe Sarayı-Beşiktaş Emirgan Korusu-Sarıyer İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer Küçüksu Kasrı-Beykoz Maçka Demokrasi Parkı-Şişli Mecidiye Kasrı-Beykoz Yıldız Korusu-Beşiktaş	Bu çalışma Hızal vd., 2023
	<i>Laburnum anagyroidis</i> Medik.			X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
Fagaceae	<i>Castanea sativa</i> Mill.			X	Haciosman-Sarıyer	Bu çalışma
	<i>Fagus sylvatica</i> L.		X	X	Beylerbeyi Sarayı-Üsküdar	Hızal vd., 2023
	<i>Quercus castaneifolia</i> C. A. Mey.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
	<i>Quercus robur</i> L.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
	<i>Quercus rubra</i> L.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
	<i>Quercus ilex</i> L.			X	Yıldız Korusu-Beşiktaş	Hızal vd., 2023
Juglandaceae	<i>Juglans regia</i> L.			X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
		X	X	X	Atatürk Arboretumu-Sarıyer	
		X	X	X	Beylerbeyi Sarayı-Üsküdar	
		X	X	X	Dolmabahçe Sarayı-Beşiktaş	
		X	X	X	Emirgan Korusu-Sarıyer	
		X	X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	
Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i> L.	X	X	X	Küçüksu Kasrı-Beykoz Maçka Demokrasi Parkı-Şişli Mecidiye Kasrı-Beykoz Mimaroba-Büyükçekmece Validebağ Korusu-Üsküdar Yıldız Korusu-Beşiktaş	Bu çalışma Hızal vd., 2023
		X	X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
			X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
			X	X	Beylerbeyi Sarayı-Üsküdar	
			X	X	Dolmabahçe Sarayı-Beşiktaş	
Magnoliaceae	<i>Magnolia grandiflora</i> L.		X	X	Küçüksu Kasrı-Beykoz Mecidiye Kasrı-Beykoz	Bu çalışma Hızal vd., 2023
			X	X	Yıldız Korusu-Beşiktaş	
			X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
Malvaceae	<i>Tilia tomentosa</i> Moench		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
	<i>Crataegus Monogyna</i> Jacq.			X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer Yıldız Korusu-Beşiktaş	Bu çalışma Hızal vd., 2023
Rosaceae	<i>Malus domestica</i> (Suchow) Borkh.	X	X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
	<i>Malus floribunda</i> Siebold ex Van Houtte	X	X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
	<i>Mespilus germanica</i> L.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
	<i>Prunus laurocerasus</i> L.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
Sapindaceae	<i>Acer negundo</i> L.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
	<i>Aesculus x carnea</i> Zeyh.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
	<i>Aesculus Hippocastanum</i> L.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
Smilacaceae	<i>Smilax excelsa</i> L.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
Ulmaceae	<i>Ulmus minor</i> Mill.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma
Viburnaceae	<i>Viburnum opulus</i> L.		X	X	İÜC Orman Fakültesi Yerleşkesi -Sarıyer	Bu çalışma

*Koyu yazılanlar Avrupa konukçu bitki listesine yeni eklenmiştir.

Aesculus x carnea Zeyh., *Aesculus hippocastanum* L., *Buxus sempervirens* L., *Carpinus betulus* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Juglans regia* L., *Laburnum anagyroidis* Medik., *Mespilus germanica* L., *Quercus castaneifolia* C. A. Mey., *Q. rubra* L., *Smilax excelsa* L., *Viburnum opulus* Mill. türleri ise Avrupa konukçu listesine ilk defa eklenmiştir.

4. Tartışma ve sonuç

Tespit edilen konukçu bitkiler incelendiğinde bu zararlının çok yıllık orman, tarım ve süs bitkilerini tercih ettiği görülmektedir. Riba-Flinch vd., (2021)'de İtalya ve Fransa'daki etkilenen alanlarda da bu durumu gözlemlemişlerdir. Türün en önemli olumsuzluğu farklı coğrafyalarda ekonomik öneme sahip farklı bitkilerde yaptığı zararlar görülmektedir. *Xylosandrus compactus*'un Japonya'da çay bitkisinde yaygın bir şekilde ölümlere neden olan önemli bir zararlı olduğu bildirilmiştir (Kaneko vd., 1964). Yan vd., (2001), Çin'deki yerel kestane plantasyonundaki genç kestane ağaçlarının ana gövdelerinde %78'lik bir saldırı oranı kaydetmişlerdir. Kagezi vd. (2014), *X. compactus*'un Uganda'da yıllık kahve üretimine verdiği zararın 40 milyon dolar olduğunu belirtmişlerdir. Türkiye açısından bakıldığında gümüşü ıhlamur (*Tilia tomentosa* Moench), kestane (*Castanea sativa* Mill.), defne (*Laurus nobilis* L.), elma (*Malus domestica* (Suchow) Borkh.) listede ekonomik önem teşkil türlerin başında gelmektedir. Erguvan (*Cercis siliquastrum* L.) İstanbul ile özdeşleşmiş değerli süs bitkilerindedir.

ıhlamur çiçeğinin hasat edildiği Adapazarı, Amasya, Balıkesir, Bolu, Bursa, Çanakkale, Isparta, İstanbul, Kastamonu ve Zonguldak Orman Bölge Müdürlükleri genç sürgünlere saldıran bu böceğin gelecek dönemlerde sorun yaratabileceği bölgelerdir. Türkiye dünyada kestane üretimi yapan ülkeler arasında önemli bir sırada yer almaktadır (OGM, 2023; Okan ve Köse, 2022). Kestane, yeni istilacı tür *X. compactus*'un konukçuları arasındadır. Çizelge 1'de, *X. compactus* tarafından etkilenen alanların fazlalığı ve arazi çalışmaları sırasında yapılan gözlemlerde birinci derecede konukçusu olarak defne görülmüştür. Defnenin genç sürgünlerine saldıran *X. compactus* bu dalların uçlardan başlayarak kurummasına sebep olmaktadır. Elma hem yiyecek hem de suyu içecek olarak tüketilen önemli bir meyvedir. Elmanın *X. compactus*'un konukçu listesinde yer alması üretim alanlarında oluşabilecek bir risktir ve takip edilmesi gerektiğini göstermektedir. Erguvanın, *X. compactus* tarafından etkilenen bitkiler arasında Defne'den sonra ikinci sırada yer aldığı görülmektedir.

Türkiye, fındık üretimi ile dünyada lider durumdadır (Tuncer vd., 2020). *Xylosandrus compactus*, *X. germanus*'tan sonra fındık alanları için sorun teşkil edebilecek bir türdür (FITOLAB, 2011; Garonna vd., 2012; Pennacchio vd., 2012; Vannini vd., 2017; Spanou vd., 2019; Leza vd., 2020; Faccoli, 2021; Riba-Flinch vd., 2021).

Bu cinsin diğer türü olan *X. germanus*, Türkiye'de şu ana kadar Kivi ve Fındık bahçelerinde tespit edilmiştir (Ak vd., 2011; Tuncer vd., 2020). *X. compactus*'un konukçu bitki sayısının fazlalığı *X. germanus*'a nazaran daha tehlikeli bir zararlı olduğunu göstermektedir.

Xylosandrus compactus'un bir yıl içerisinde bulunduğu alandan 8 km ötedeki sağlıklı alanlara arız olduğu gözlemlenmiştir (Gugliuzzo vd., 2019). İstanbul'un her iki yakasında tespit edilmesi hızlı bir şekilde yayılış alanını

geniştettiğini göstermektedir. Şiddetli rüzgârlar ve yurtiçi bitki transferleri ile daha uzun mesafelere gitmesi beklenmektedir. Yakın bir gelecekte diğer illerde de görülmesi muhtemeldir. Konukçu bitki çeşitliliğinin artması takip edilmesi gerekliliğini vurgulamakta, özellikle ekonomik önemli bitki türleri için endişe verici bir tür olarak ele alınmasını gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle odunsu bitkilerin yurtiçi hareketliliğinde özellikle ince dalların böcek giriş delikleri açısından kontrollerinin sağlanması önem taşımaktadır. Ayrıca *X. compactus*'un varlığının belirlendiği alanlarda kışlama döneminde giriş delikleri tespit edilen dallar budanarak imha edilmelidir. Başka bitkilere bulaşması ve yakın alanlara yayılması da araştırılmalıdır.

Açıklama

Konukçu bitki türlerinin teşhisini yapan İ.Ü. Cerrahpaşa, Ormancılık Meslek Yüksek Okulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Hatice YILMAZ'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ak, K., Saruhan, İ., Tuncer, C., Akyol, H., Kılıç, A., 2011. Ordu İli kivi bahçelerinde Yazıcıböcek (Coleoptera: Scolytidae) türlerinin tespiti ve zarar oranları. Türkiye Entomoloji Bülteni, 1: 229–234.
- Benvenuti, C., Strangi, A., Iovinella, I., Barzanti, G.P., Simoni, S., Vitale, S., Luongo, L., Francardi, V., Roversi, P.F., 2021. *Xylosandrus compactus* and *Liparthrum colchicum* (Coleoptera Scolytinae) in Tuscany: A preliminary screening of associated fungi. Redia, 104: 139–146.
- Chapin, E., Mouttet, R., Chauvel, G., 2016. *Xylosandrus compactus* trouvé en France métropolitaine. Phytoma, 697: 10–12.
- Chong, J.H., Reid, L., Williamson, M., 2009. Distribution, host plants, and damage of the black twig borer, *Xylosandrus compactus* (Eichhoff), in South Carolina. Journal of Agricultural and Urban Entomology, 26: 199–208.
- Cognato, A.I., 2015. Biology, Systematics, and Evolution of *Ips*. – In: Bark Beetles Biology and Ecology of Native and Invasive Species (Ed: Vega, F.E., Hofstetter, R.W.), Elsevier, USA, pp. 351–370.
- EPPO, 2022. *Xylosandrus compactus* (XYLSCO). <https://gd.eppo.int/taxon/XYLSCO>, Erişim 10.01.2023.
- Faccoli, M., 2021. *Xylosandrus compactus*, un nuovo parassita forestale invade l'Italia. Forest-Rivista Di Selvicoltura Ed Ecologia Forestale, 18: 8–14.
- FITOLAB, 2011. *Xylosandrus compactus*. http://www.agricoltura.regione.campania.it/difesa/xylosandrus_2011.html, Erişim: 10.01.2023.
- Garonna, A.P., Dole, S.A., Saracino, A., Mazzoleni, S., Cristinzio, G., 2012. First record of the black twig borer *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) from Europe. Zootaxa, 3251: 64–68.
- Greco, E.B., Wright, M.G., 2015. Ecology, biology, and management of *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) with emphasis on coffee in Hawaii. Journal of Integrated Pest Management, 6(1): 1–8.
- Gugliuzzo, A., Criscione, G., Siscaro, G., Russo, A., Tropea Garzia, G., 2019. First data on the flight activity and distribution of the ambrosia beetle *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) on carob trees in Sicily. EPPO Bulletin, 49: 340–351.
- Hara, A.H., Beardsley, J.W., 1979. The Biology of the Black Twig Borer, *Xylosandrus compactus* (Eichhoff), in Hawaii. Proceedings of the Hawaiian Entomological Society, 13: 55–70.

- Hızal, E., Acer, S., Altunışık, S., 2023. First record of the invasive alien species *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Turkey. *BioInvasions Records*, 12(1): 93-102.
- Kagezi, G.H., Kucel, P., Egonu, J.P., Ahumuza, G., Nakibuule, L., Kobusinge, J., 2014. Implications of Black Coffee Twig Borer on cocoa in Uganda. *Uganda Journal of Agricultural Sciences*, 15: 179–189.
- Kaneko, T., Tamaki, Y., Takagi, K., 1964. Preliminary report on the biology of some Scolytid beetles, the tea root borer, *Xyleborus germanus* Blanford, attacking tea roots, and the tea stem borer, *Xyleborus compactus* Eichhoff, attacking tea twigs. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 9: 23–28.
- Knížek, M., 1998. A new species of *Pityokteines* (Coleoptera: Scolytidae) from Turkey. *Klapalekiana*, 34: 189-193.
- Knížek, M., Beaver, R.A., 2007. Taxonomy and Systematics of Bark and Ambrosia Beetles. In: *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis* (Ed: Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Gregoire, J.C., Evans, H.F), Springer, Dordrecht, pp. 41-54.
- Leza, M., Nuñez, L., Riba, J.M., Comparini, C., Roca, Á., Gallego, D., 2020. First record of the Black Twig Borer, *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in Spain. *Zootaxa*, 4767: 345–350.
- Lieutier, F., Mendel, Z., Faccoli, M., 2016. Bark Beetles of Mediterranean Conifers. In: *Insects and Diseases of Mediterranean Forest Paine*, (Ed: T.D., Lieutier, F), Springer, Switzerland, pp. 105-198.
- Morales-Rodríguez, C., Sferrazza, I., Aleandri, M.P., Dalla Valle, M., Speranza, S., Contarini, M., Vannini, A., 2021. The fungal community associated with the ambrosia beetle *Xylosandrus compactus* invading the Mediterranean maquis in central Italy reveals high biodiversity and suggests environmental acquisitions. *Fungal Biology*, 125: 12–24.
- OGM, 2023. Orman tali ürünleri üretimi, 1988-2021. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Erişim: 08.01.2023.
- Okan, T., Köse, Ç., 2022. Türkiye’de bölgesel farklılıklar kapsamında kestaneyle dayalı faydalanmanın sosyoekonomik boyutu. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(3): 591 – 608.
- Pennacchio, F., Santini, L., Francardi, V., 2012. Bioecological notes on *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) (Coleoptera Curculionidae Scolytinae), a species recently recorded into Italy. *Redia*, 95: 67–77.
- Rabaglia, R.J., Dole, S.A., Cognato, A.I., 2006. Review of American Xyleborina (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) occurring north of Mexico, with an illustrated key. *Annals of the Entomological Society of America*, 99: 1034–1056.
- Riba-Flinch, J.M., Leza, M., Gallego, D. 2021. First records of *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in the Iberian Peninsula: An expanding alien species? *Zootaxa*, 4970: 161–170.
- Roques, A., Bellanger, R., Jean-baptiste, D., Ducatillion, C., Urvois, T., Auger-Rozenberg, M.A., 2019. Les Scolytes exotiques: Une menace pour le maquis. *Phytoma*, 727: 16–21.
- Sarıkaya, O., Avcı, M., 2011. Bark beetle fauna (Coleoptera: Scolytinae) of the coniferous forests in the Mediterranean region of Western Turkey, with a new record for Turkish fauna. *Turkish Journal of Zoology*, 35(1): 33-47. doi: 10.3906/zoo-0901-8.
- Sarıkaya, O., 2013. Notes on bark and wood-boring beetles (Coleoptera: Bostrichidae; Curculionidae: Platypodinae and Scolytinae) of the Sweetgum (*Liquidambar orientalis* Mill.) Forest Nature Protection Area, with a new record for Turkish fauna. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(3-4): 2178-2185.
- Sarıkaya, O., Knížek, M., 2013. *Scolytus koenigi* Schevyrew, 1890: A new record for Turkish Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) fauna. *Journal Entomology Research Society*, 15(3): 95-99.
- Selmi, E., 1998. Türkiye Kabuk Böcekleri ve Savaşı. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Smith, S.M., Urvois, T., Roques, A., Cognato, A.I., 2022. Recognition of the Pseudocryptic Species *Xylosandrus declivigranulatus* (Schedl) as distinct from *Xylosandrus crassiusculus* (Motschulsky) (Coleoptera : Curculionidae: Scolytinae : Xyleborini). *The Coleopterists Bulletin*, 76: 367–374.
- Spanou, K., Marathianou, M., Gouma, M., Dimou, D., Nikoletos, L., Milonas, P.G., Papachristos, D.P., 2019. First record of Black Twig Borer *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae) in Greece. 18th Panhellenic Entomological Congress, 15-18 October, Komotini, Greece, pp. 77.
- Tuncer, C., Özdemir, İ.O., Kushiyeve, R., 2020. New pest species in Turkish hazelnut orchards: *Xylosandrus germanus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), *Metcalfa pruinosa* Say (Hemiptera: Flatidae), *Croesus septentrionalis* Linnaeus (Hymenoptera: Tenthredinidae) and *Anoplophora chinensis* Forster (Coleoptera: Cerambycidae). *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(1): 74-81.
- Vannini, A., Contarini, M., Faccoli, M., Valle, M.D., Rodriguez, C.M., Mazzetto, T., Guarneri, D., Vettraino, A.M., Speranza, S., 2017. First report of the ambrosia beetle *Xylosandrus compactus* and associated fungi in the Mediterranean maquis in Italy, and new host-pest associations. *EPP0 Bulletin*, 47: 100–103.
- Yan, S.P., Huang, H.Y., Wang, J., 2001. The occurrence of chestnut beetle and its control. *South China Fruits*, 30: 48.
- Wood, S.L., Bright, D.E. 1992. A Catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Part 2: Taxonomic Index Volume A. Brigham Young University, 833 pp.

Safranbolu Yöresi Kazdağı Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) meşcereleri için ağaç hacim tabloları

Samet Baytaş^a , Mehmet Seki^{a,*} 

Özet: Bu çalışma kapsamında, Safranbolu Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren Kazdağı Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) meşcereleri için kabuklu ve kabuksuz olmak üzere tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Çalışma materyali olarak, farklı meşcere yapılarından alınan 153 adet örnek ağaç ilişkin kabuklu ve kabuksuz gövde hacim değerlerinden faydalanılmıştır. Kabuklu ve kabuksuz ağaç hacim tahminleri için 5 adet tek girişli ve 5 adet çift girişli olmak üzere 10 farklı ağaç hacim denkleminin geliştirildiği çalışmada en başarılı denklemlerin belirlenmesi için düzeltilmiş belirtme katsayısı, ortalama hata, ortalama mutlak hata ve hata kareler ortalamasının karekökü olmak üzere 4 farklı uygunluk ölçütü kullanılmıştır. En başarılı ağaç hacim denklemlerinin yöreye uygunlukları bağımsız veri seti üzerinden Wilcoxon testi ile denetlenmiş ve çalışma alanı için uygun oldukları ($p>0.05$) sonucuna varılmıştır. Yöre için en başarılı bulunan ağaç hacim denklemlerinin tamamı %95'in üzerinde açıklayıcılığa sahiptir. Bunun yanında, yöre için en başarılı bulunan modellerin ortalama hataları tek ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemleri için sırasıyla -0.0211 m^3 ve -0.0122 m^3 , tek ve çift girişli kabuksuz ağaç hacim denklemleri için ise sırasıyla -0.0201 m^3 ve 0.0045 m^3 olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen başarılı denklemler kullanılarak kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminleri için tek ve çift girişli ağaç hacim tabloları düzenlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çift-girişli ağaç hacim denklemleri, Kabuklu gövde hacmi, Kabuksuz gövde hacmi, Orman envanteri, Regresyon analizi

Tree volume tables for Kazdağı Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) stands in Safranbolu Region

Abstract: In this study, single and double entry over- and under-bark tree volume equations have been developed for Kazdağı Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) stands within the boundaries of Safranbolu Forest Enterprise. The over- and under-bark volume values of 153 sample trees taken from different stand structures were used as the study material. Ten tree volume equations, five single- and five double-entry, were developed for over- and under-bark tree volume estimations. Four goodness-of-fit criteria, including adjusted coefficient of determination, bias, mean absolute error, and root mean square error, were used to determine the most successful models. The suitability of the equations developed for the region was checked with an independent data set as well as Wilcoxon test, and it was concluded that the equations were suitable for the study area ($p>0.05$). All tree volume equations proposed for the region had a coefficient of determination value over 0.95. In addition, the mean bias of the single- and double-entry models found to be the most successful for the region were calculated as -0.0211 m^3 and -0.0122 m^3 for the over-bark volume estimations, and -0.0201 m^3 and 0.0045 m^3 for the under-bark volume estimations, respectively. Single- and double-entry tree volume tables were prepared for over- and under-bark volume estimations by using the successful equations obtained as a result of the study.

Keywords: Double-entry volume equation, Over-bark stem volume, Under-bark stem volume, Forest inventory, Regression analysis

1. Giriş

Bir ağaca ilişkin gövde hacminin belirlenmesi orman envanteri ve planlama çalışmalarının en temel unsurlarından birisidir. Ağaç ve meşcere hacmi, silvikültürel işlemlerin planlanmasında, dikili satış uygulamalarında, ormanların biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesinde, artım ve büyüme potansiyellerinin ortaya konulmasında oldukça önemli parametrelerdendir (Mısır ve Mısır, 2004; Çatal vd., 2005; Özçelik ve Kalkanlı, 2018). Bu sebeplerle, gerçeğe yakın hacim tahminlerinin elde edilmesi başta planlama olmak üzere birçok ormancılık çalışması açısından

büyük önem taşımaktadır (Yavuz, 1999; Özçankaya vd., 2021).

Bir ağacın gövde hacmi (v) o ağacın göğüs çapı (d), boyu (h) ve gövde formunun (f) bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir (Akindele ve LeMay, 2006). Gövde hacmi; ağacın kesilmesi ve ardından bölümlenme yönteminin uygulanmasıyla, dikili halde oran değerleri kullanılarak ve ağaç hacim tabloları yardımıyla bulunmaktadır (Kalıpsız, 1993). Ormancılık uygulamalarında dikili ağaç hacimlerinin belirlenebilmesi için ağaç hacim denklemleri veya bu denklemler kullanılarak hazırlanan ağaç hacim tabloları tercih edilmektedir. Ağaç hacim denklemleri gövde hacmini; i) yalnızca göğüs çapının bir fonksiyonu olarak tahmin eden

✉ ^a Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): mehmetseki@karabuk.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.03.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 11.04.2023



Citation (Atıf): Baytaş, S., Seki, M., 2023. Safranbolu Yöresi Kazdağı Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) meşcereleri için ağaç hacim tabloları. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 61-68.
DOI: [10.18182/tjf.1261343](https://doi.org/10.18182/tjf.1261343)

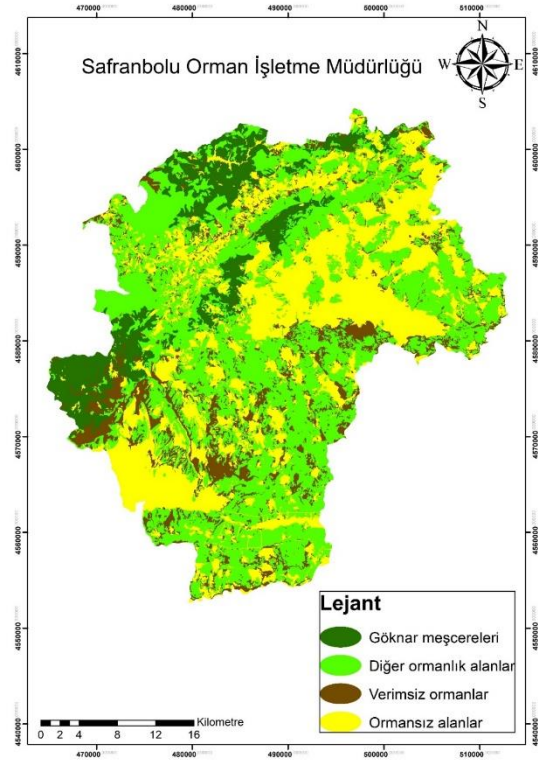
tek girişli, ii) göğüs çapı ve ağaç boyunun bir fonksiyonu olarak tahmin eden çift girişli ve iii) göğüs çapı ve ağaç boyuna ek olarak gövde formunu da bağımsız değişkenler olarak içeren çok girişli ağaç hacim denklemleri olarak üçe ayrılmaktadır (Kalıpsız, 1993; Carus vd., 2016). Ağaç hacim denklemleri geçerlilik alanlarına göre i) yöresel, ii) bölgesel ve iii) genel ağaç hacim denklemleri olarak üçe ayrılmaktadır (Kalıpsız, 1993). Bu üç grup arasında, yöresel denklemlerin güvenilirliği en yüksek ve genel denklemlerin güvenilirliği en düşüktür (Eler, 2013; Çatal ve Güneş, 2018).

Türkiye’de günümüze kadar birçok asli ağaç türü için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri/tablolari geliştirilmiştir. Örneğin, Karaçam (Gülen, 1959; Carus vd., 2016; Sakıcı vd., 2018), Sarıçam (Alemdağ, 1967; Çalışkan ve Yeşil, 1996; Ölmez ve Şenyurt, 2022), Kızılcık (Alemdağ, 1962; Kahriman vd., 2017; Özçelik, 2010; Özçelik ve Karaer, 2016; Şenyurt ve Ümit, 2019; Seki, 2022), Gökmar (Bozkuş ve Carus, 1997; Sakıcı ve Yavuz, 2003; Durkaya ve Durkaya, 2006), Sedir (Bozkuş ve Carus, 1997; Özçelik, 2010; Özçelik ve Çevlik, 2017), Meşe (Eraslan, 1954; Sönmez vd., 2023) ve Kayın (Durkaya ve Durkaya, 2006) ağaç türleri için hacim denklemleri/tablolari oluşturulmuştur. Geliştirilen bu denklemlerin birçoğu yöreseldir ve çalışma alanları dışında farklı alanlarda hacim tahminleri için kullanılmaları uygun değildir. Bu sebeplerle, ülkemizde birçok ağaç türüne ilişkin başarılı gövde hacim tahminlerinde kullanılacak yöresel denklemlere/tablolara gereksinim devam etmektedir. Bunun yanında, Türkiye ekolojik özellikler dikkate alındığında çok çeşitli alt bölgelere ayrılmaktadır (Atalay, 2014). Bu bölgelerde yayılış yapan ormanların gelişim özellikleri de farklılık göstermektedir. Yetiştirme ortamı farklılıklarını göz önünde bulundurmadan geniş coğrafyalar için kullanılacak olan hacim denklemleri yüksek tahmin hatalarına sebep olabilmektedir (Özçelik ve Kalkanlı, 2018). Bu sebeplerle, kendine has ekolojik özelliklere sahip bölgeler için geliştirilecek olan yöresel hacim denklemlerinin önemi ön plana çıkmaktadır (Brooks ve Wiant, 2008).

Kazdağı Gökmarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) Türkiye’ye özgü endemik bir türdür ve birinci sınıf orman ağacıdır. Yaklaşık 30-40 m civarında boyolanma yapabilen Kazdağı Gökmarı ekonomik açıdan oldukça önemlidir (Anşın, 2001; Sakıcı ve Özdemir, 2018). Bu çalışma kapsamında Safranbolu yöresinde yayılış gösteren Kazdağı Gökmarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) için kabuklu ve kabuksuz olmak üzere tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen denklemler yardımıyla ormancılık uygulamalarında kullanılmak üzere tek ve çift girişli gövde hacim tablolari da düzenlenmesi çalışma amaçları arasındadır. Bununla birlikte söz konusu çalışmada farklı hacim modellerinin karşılaştırılması ve en başarılı modellerin çalışma alanına uygunluğunun denetlenmesi de çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır.

2. Materyal ve yöntem

Çalışma alanı olarak seçilen Safranbolu Orman İşletme Müdürlüğü (OİM), Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü bünyesinde yer almaktadır. Safranbolu OİM’nin yaklaşık %67.6’sı ormanlarla kaplıdır ve bu ormanlık alanların yaklaşık %15’ini Gökmar meşcereleri (saf ve karışık) oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu ve orman örtüsü

Bu çalışmada kullanılan veriler, Safranbolu OİM bünyesinde yayılış yapan Gökmar meşcerelerinden alınan 153 adet örnek ağaçtan elde edilmiştir. Örnek ağaçların çalışma alanı içerisinde farklı çap ve boy basamaklarından alınmasına özen gösterilmiştir. Bununla birlikte, örnek ağaçların düzgün ve tek gövdeli, sağlıklı ve tepe yapısının sağlam olmasına dikkat edilmiştir.

Örnek ağaç olarak seçilen ağaçların öncelikle göğüs yüksekliği çapları ($d_{1.30}$) ölçülmüş ve ölçüm noktası işaretlenmiştir. Ardından, örnek ağaçlar dip kütük yüksekliğinden (0.30 m) kesilmiş ve toplam ağaç boyları (h) şerit metre yardımıyla 0.1 m hassasiyetle ölçülmüştür. Bununla birlikte, kesilen ağaçların 0.30 m, 3.30 m ve gövde boyunca her 2 m’de gövde çapı (d_i) ölçümleri 0.1 cm hassasiyetle yapılmıştır. Gövde boyunca çap ölçümü yapılan noktalarda aynı zamanda çift kabuk kalınlığı ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Gövde üzerinde çap ve kabuk kalınlığı ölçümleri yapılan örnek ağaçlara ilişkin kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri bölümlene (seksiyon) yöntemine göre hesaplanmıştır. Bu yöntemle göre ağaçlar i) dip kütük, ii) seksiyonlar ve iii) uç parça olmak üzere üç farklı bölümde değerlendirilmiş ve bu hacimlerin toplamları alınarak toplam gövde hacimleri belirlenmiştir. Bu hesaplamalarda; dip kütüğün silindir ve uç parçanın koni biçiminde olduğu varsayılmıştır. Bununla birlikte, dip kütük ile uç parça arasında kalan seksiyonların hacim hesaplarında Orta Yüzey (Huber) formülü kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında elde edilen veriler model geliştirme (%80 \cong 121 adet) ve geliştirilen modellerin uygunluğunun denetiminde (%20 \cong 32 adet) kullanılmak üzere rastgele iki gruba ayrılmıştır. Model geliştirme ve model kontrol veri gruplarına ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir. Bunun yanında, her iki gruba düşen örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek ağaçlara ilişkin tanımlayıcı istatistikler

	Model Geliştirme Verileri (n=121)				Model Kontrol Verileri (n=32)			
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Göğüs çapı (cm)	9.2	76.5	44.2	13.7	9.5	71.5	42.4	15.1
Ağaç boyu (m)	5.0	30.5	19.9	5.2	6.0	28.5	19.3	5.4
Kabuklu gövde hacmi (m ³)	0.0222	7.1317	1.8086	1.2961	0.0277	5.2333	1.7367	1.4417
Kabuksuz gövde hacmi (m ³)	0.0181	6.1026	1.5565	1.1239	0.0230	4.7923	1.5017	1.2642

Çizelge 2. Örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı

Göğüs çapı (cm)	Boy (m)							Σ
	4.0 – 7.9	8.0 – 11.9	12.0 – 15.9	16.0 – 19.9	20.0 – 23.9	24.0 – 27.9	28.0 – 31.9	
8.0 - 11.9	3 (1)	1						4 (1)
12.0 - 15.9		2 (1)						2 (1)
16.0 - 19.9		1 (1)	1					2 (1)
20.0 - 23.9								-
24.0 - 27.9			2 (1)	3 (2)				5 (3)
28.0 - 31.9			3 (1)	2 (1)	1			6 (2)
32.0 - 35.9			2 (1)	5 (1)	2			9 (2)
36.0 - 39.9				6 (2)	6 (1)			12 (3)
40.0 - 43.9			2	7 (2)	4 (1)	1		14 (3)
44.0 - 47.9			3	9 (2)	8 (2)	3 (1)		23 (5)
48.0 - 51.9				3 (1)	8 (2)	2		13 (3)
52.0 - 55.9				1	2 (1)	3 (1)	1	7 (2)
56.0 - 59.9					1	6 (2)	2	9 (2)
60.0 - 63.9					2	3 (1)		5 (1)
64.0 - 67.9					1	2 (1)	1	4 (1)
68.0 - 71.9						3 (1)	1 (1)	4 (2)
72.0 - 75.9							1	1
76.0 - 79.9							1	1
Σ	3 (1)	4 (2)	13 (3)	36 (11)	35 (7)	23 (7)	7 (1)	121 (32)

*Parantez içerisinde verilen rakamlar model kontrolü için kullanılan veri sayısını ifade etmektedir.

Ormancılık literatüründe günümüze kadar birçok ağaç hacim denklemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, sıklıkla tercih edilen 5 adet tek girişli ve 5 adet de çift girişli olmak üzere toplam 10 adet ağaç hacim denklemine ilişkin parametre tahminleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan ağaç hacim denklemleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Tek ve çift girişli hacim denklemleri

Model No	Tek girişli ağaç hacim denklemleri	
M1	$v = b_0 + b_1 d^2$	(1)
M2	$v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	(2)
M3	$v = b_1 d + b_2 d^2$	(3)
M4	$v = (b_1 + b_2 d)^2$	(4)
M5	$\log v = b_0 + b_1 \log d$	(5)
Çift girişli ağaç hacim denklemleri		
M6	$v = b_1 d^2 h$	(6)
M7	$v = b_0 + b_1 d^2 h$	(7)
M8	$v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 h^2$	(8)
M9	$v = b_1 d^{b_2} h^{b_3}$	(9)
M10	$\log(v) = b_0 + b_1 \log d^2 h$	(10)

Bu eşitliklerde: v gövde hacmini (m³); $d_{1,30}$ göğüs çapını (cm); h ağaç boyunu (m); b_1 , b_2 ve b_3 ise denklem katsayılarını ifade etmektedir.

En uygun ağaç hacim denkleminin belirlenmesinde; düzeltilmiş belirtme katsayısı ($R_{düz}^2$), ortalama hata (OH), ortalama mutlak hata (OMH) ve hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK) olmak üzere 4 farklı istatistiksel ölçüt kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan istatistiksel ölçütler aşağıda verilmiştir.

$$R_{düz}^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2 (n-1)}{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2 (n-p)} \quad (11)$$

$$OH = \frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)}{n} \quad (12)$$

$$OMH = \frac{\sum_{i=1}^n |v_i - \hat{v}_i|}{n} \quad (13)$$

$$HKOK = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2}{n-p}} \quad (14)$$

Bu eşitliklerde; v_i , \hat{v}_i , \bar{v} sırasıyla ölçülen, tahmin edilen ve ortalama hacim değerlerini, n model geliştirmek için kullanılan veri sayısını ve p denklemin parametre sayısını ifade etmektedir.

Logaritmik formdaki denklemler ile elde edilen tahminlerin aritmetik forma dönüştürülmeleri sırasında meydana gelecek olan sistematik hatanın giderilmesi için Baskerville (1972) ve Sprugel (1983) tarafından önerilen düzeltme faktörü (df) kullanılmıştır. Geliştirilen ve tüm parametreleri anlamlı bulunan ağaç hacim denklemlerinin istatistiksel ölçütlere göre karşılaştırılmasında ise Poudel ve Cao (2013) tarafından önerilen nisbi sıralama tekniğinden yararlanılmıştır. Her bir istatistik ölçüte göre ağaç hacim denklemlerinin nisbi sıralamaları ayrı ayrı hesaplanmış ve hesaplanan sıralamalar toplanarak denklemlere ait toplam nisbi sıralama ve genel sıralama değerleri belirlenmiştir. Tek

girişli ağaç hacim denklemleri ile çift girişli ağaç hacim denklemlerinin nisbi sıralamaları kendi içerisinde yapılmış ve her bir grup için en başarılı denklem ayrıca belirlenmiştir. Son olarak, çalışma kapsamında geliştirilen ve başarılı bulunan gövde hacim denklemlerinin Safranbolu yöresi göknar meşcereleri için uygunluğu, kontrol veri grubunda yer alan örnek ağaçlara (32 ağaç) ilişkin gerçek hacim değerleri ile tahmin edilen hacim değerleri karşılaştırılarak yapılmıştır. Verilerin parametrik test varsayımlarını sağlamamasından dolayı parametrik olmayan testlerden *Wilcoxon İşaret Testi* yardımıyla gerekli karşılaştırma yapılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Tek ve çift girişli kabuklu gövde hacim denklemlerine ilişkin parametre tahminleri ve istatistiksel ölçüt değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere, tek girişli M2 denklemi hariç diğer denklemlerin tüm parametreleri anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Tüm parametreleri anlamlı olan tek ve çift girişli denklemlere kendi aralarında nisbi sıralama uygulanmıştır. Nisbi sıralama sonucu elde edilen genel sıralama değerleri incelendiğinde tek girişli kabuklu ağaç hacim denklemleri arasından M5 ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemleri arasından ise M9 en başarılı denklem olarak belirlenmiştir. En başarılı olarak belirlenen tek girişli M5 denkleminin ilişkin uygunluk ölçütleri; $R_{düz}^2=0.954$, $OH=-0.0211$ m³, $OMH=0.3013$ m³ ve $HKOK=0.4224$ m³'tür. En başarılı olarak belirlenen çift girişli M9 denkleminin ilişkin uygunluk ölçütleri ise; $R_{düz}^2=0.958$, $OH=-0.0122$ m³, $OMH=0.1711$ m³ ve $HKOK=0.2644$ m³'tür.

Kabuksuz gövde hacim tahminleri için geliştirilen tek ve çift girişli denklemlere ilişkin parametre tahminleri ve istatistiksel ölçüt değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. M2 denkleminin b_0 parametresi hariç tüm denklem parametreleri anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Her bir istatistiksel uygunluk ölçütü için hesaplanan nisbi sıralama ve sonuç olarak elde edilen genel sıralama değerleri dikkate alındığında, tek girişli kabuksuz ağaç hacim denklemleri arasından M5 ve çift girişli kabuksuz ağaç hacim denklemleri arasından ise M9 en başarılı denklemler olarak belirlenmiştir. En başarılı olarak belirlenen tek girişli M5 denkleminin ilişkin uygunluk ölçütleri; $R_{düz}^2=0.952$, $OH=-0.0201$ m³, $OMH=0.2663$ m³ ve $HKOK=0.3687$ m³ olarak hesaplanmıştır. En başarılı olarak belirlenen çift girişli M9 denkleminin ilişkin uygunluk ölçütleri ise; $R_{düz}^2=0.956$, $OH=0.0045$ m³, $OMH=0.1531$ m³ ve $HKOK=0.2352$ m³ olarak hesaplanmıştır.

Yukarıda açıklanan istatistiksel ölçütlere göre en başarılı bulunan tek ve çift girişli kabuklu ve kabuksuz gövde hacim denklemlerine ilişkin tahmin-gözlem grafikleri Şekil 2'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde tahmin edilen hacim değerlerinin artması ile birlikte tahmin hatalarının da arttığı görülmektedir. Bunun haricinde, hacim tahminlerinde herhangi bir yanlı sonuç görülmemektedir.

En başarılı denklemlerin belirlenmesinde 4 farklı istatistiksel ölçüt ve nisbi sıralama yöntemi kullanılmıştır. Bu sonuçlara göre çift girişli ağaç hacim denklemleri arasından kabuklu ve kabuksuz hacim tahminleri için M9 modeli en başarılı olarak belirlenmiştir. Ancak, genel sıralama değerleri incelendiğinde M7 modelinin de oldukça başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu kapsamda M7 modeli de başarılı bulunan alternatif bir çift girişli ağaç hacim denklemi olarak düşünülebilir.

Çizelge 4. Kabuklu gövde hacmi tahminlerine ilişkin model parametre tahminleri ve istatistik ölçüt değerleri

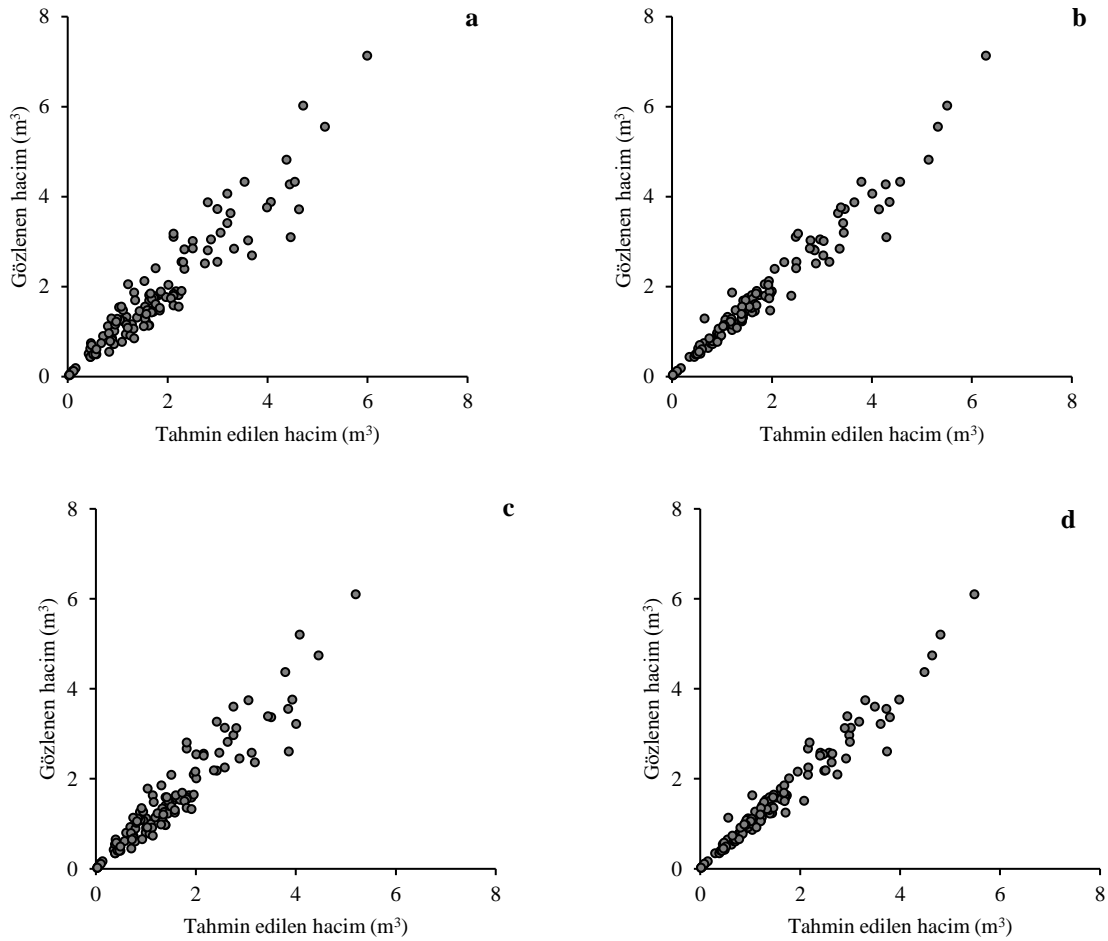
Model no	$R_{düz}^2$	OH	OMH	HKOK	Genel sıralama	Parametre	Tahmin
Tek girişli ağaç hacim denklemleri							
M1	0.881 (4.00)	-0.0485 (4.00)	0.3336 (4.00)	0.4466 (4.00)	16.00 (4.00)	b_0 b_1	-0.3810*** 0.0010***
M2	0.891	0.0001	0.3104	0.4274	-	b_0 b_1 b_2	0.4805 ^{ns} -0.0426*** 0.0015***
M3	0.889 (3.67)	0.0463 (3.80)	0.3300 (3.67)	0.4316 (2.14)	13.28 (3.31)	b_1 b_2	-0.0210*** 0.0013***
M4	0.891 (3.60)	-0.0162 (1.00)	0.3128 (2.07)	0.4285 (1.76)	8.43 (2.10)	b_0 b_1	-0.3910*** 0.0369***
M5	0.954 (1.00)	-0.0211 (1.05)	0.3013 (1.00)	0.4224 (1.00)	4.05 (1.00)	b_0 b_1	-3.9355*** 2.5023***
Çift girişli ağaç hacim denklemleri							
M6	0.952 (1.21)	-0.0529 (2.54)	0.1894 (1.22)	0.2841 (1.13)	6.10 (1.45)	b_1	3.7x10 ⁻⁵ ***
M7	0.954 (1.14)	-0.0002 (1.00)	0.1920 (1.26)	0.2789 (1.10)	4.50 (1.04)	b_0 b_1	0.1002* 3.6x10 ⁻⁵ ***
M8	0.929 (2.02)	0.0094 (1.27)	0.2412 (1.86)	0.3454 (1.54)	6.69 (1.60)	b_0 b_1 b_2	-0.6916*** 0.0007*** 0.0024***
M9	0.958 (1.00)	-0.0122 (1.35)	0.1711 (1.00)	0.2644 (1.00)	4.35 (1.00)	b_1 b_2 b_3	6.1x10⁻⁵*** 1.6073*** 1.3442***
M10	0.844 (5.00)	0.1367 (5.00)	0.4979 (5.00)	0.8688 (5.00)	20.00 (5.00)	b_0 b_1	-1.1302*** 0.0189***

^{ns}: $p > 0.05$, istatistiksel olarak anlamsız parametre, ns: non-significant, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$, ilgili istatistiksel ölçüte ilişkin nisbi sıralama değeri her bir model için parantez içerisinde verilmiştir. Kalın yazı karakteri en başarılı modeli ifade etmektedir. $R_{düz}^2$: Düzeltilmiş belirtme katsayısı, OH: Ortalama hata, OMH: Ortalama mutlak hata, HKOK: Hata kareler ortalamasının karekökü.

Çizelge 5. Kabuksuz gövde hacmi tahminlerine ilişkin model parametre tahminleri ve istatistik ölçüt değerleri

Model No	$R_{düz}^2$	OH	OMH	$HKOK$	Genel Sıralama	Parametre	Tahmin
Tek girişli ağaç hacim denklemleri							
M1	0.879 (4.00)	0.0310 (4.00)	0.3053 (4.00)	0.3912 (4.00)	16.00 (4.00)	b_0 b_1	-0.3395*** 0.0009***
M2	0.889	-0.0047	0.2744	0.3729	-	b_0 b_1 b_2	0.4132 ^{ns} -0.0372*** 0.0013***
M3	0.887 (3.68)	-0.0281 (3.60)	0.2815 (2.17)	0.3771 (2.12)	11.57 (2.73)	b_1 b_2	-0.0187*** 0.0011***
M4	0.889 (3.60)	-0.0092 (1.00)	0.2771 (1.83)	0.3737 (1.67)	8.10 (1.74)	b_0 b_1	-0.3740*** 0.0345***
M5	0.952 (1.00)	-0.0201 (2.50)	0.2663 (1.00)	0.3687 (1.00)	5.50 (1.00)	b_0 b_1	-4.0396*** 2.5247***
Çift girişli ağaç hacim denklemleri							
M6	0.950 (1.31)	-0.0381 (2.15)	0.1636 (1.15)	0.2510 (1.12)	5.73 (1.43)	b_1	3.2×10^{-5} ***
M7	0.951 (1.26)	-0.0084 (1.14)	0.1697 (1.23)	0.2477 (1.09)	4.72 (1.18)	b_0 b_1	0.0771* 3.1×10^{-5} ***
M8	0.926 (2.56)	0.0042 (1.00)	0.2143 (1.85)	0.3037 (1.52)	6.93 (1.73)	b_0 b_1 b_2	-0.6084*** 0.0006*** 0.0021***
M9	0.956 (1.00)	0.0045 (1.01)	0.1531 (1.00)	0.2352 (1.00)	4.01 (1.00)	b_1 b_2 b_3	5.0×10^{-5}*** 1.6127*** 1.3561***
M10	0.845 (5.00)	0.1226 (5.00)	0.4410 (5.00)	0.7675 (5.00)	20.00 (5.00)	b_0 b_1	-1.2109*** 0.0191***

^{ns}: $p > 0.05$, istatistiksel olarak anlamsız parametre, ns: non-significant, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$, ilgili istatistiksel ölçüte ilişkin nisbi sıralama değeri her bir model için parantez içerisinde verilmiştir. Kalın yazı karakteri en başarılı modeli ifade etmektedir. $R_{düz}^2$: Düzeltilmiş belirtme katsayısı, OH : Ortalama hata, OMH : Ortalama mutlak hata, $HKOK$: Hata kareler ortalamasının karekökü.



Şekil 2. Gözlenen ve tahmin edilen hacim değerleri. a: tek girişli ve b: çift girişli kabuklu hacim denklemleri, c: tek girişli ve d: çift girişli kabuksuz hacim denklemleri

En başarılı bulunan tek ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemleri aşağıdaki gibidir:

Tek girişli (M5):

$$\log v = -3.9355 + 2.5023 \log d \quad (df = 1.0107) \quad (15)$$

Çift girişli (M9):

$$v = 0.000061 d^{1.6073} h^{1.3442} \quad (16)$$

En başarılı bulunan tek ve çift girişli kabuksuz ağaç hacim denklemlerinin son hali aşağıdaki gibidir:

Tek girişli (M5):

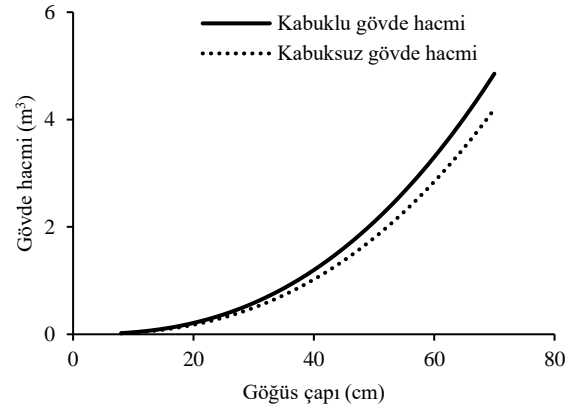
$$\log v = -4.0396 + 2.5247 \log d \quad (df = 1.0093) \quad (17)$$

Çift girişli (M9):

$$v = 0.000050 d^{1.6127} h^{1.3561} \quad (18)$$

Çalışma kapsamında geliştirilen denklemlerin çalışma alanı için uygunluğu 32 adet örnek ağaca ilişkin verileri içeren bağımsız veri grubu ve Wilcoxon işaret testi kullanılarak denetlenmiştir. Kabuklu ağaç hacim tahminlerinde Wilcoxon işaret testi ile tek ve çift girişli hacim denklemleri için z istatistiği -0.112 ($p=0.911$) ve -0.542 ($p=0.588$) olarak hesaplanmıştır. Kabuksuz ağaç hacim tahminlerinde ise Wilcoxon işaret testi ile tek ve çift girişli denklemler için z istatistiği -0.131 ($p=0.896$) ve -1.300 ($p=0.194$) olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre, çalışma kapsamında geliştirilen ağaç hacim denklemlerinin Safranbolu OİM Kazdağı Göknarı meşcerelerinde kullanımının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminleri için geliştirilen tek ve çift girişli denklemlere ilişkin eğriler Şekil 3'te verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere çap artışı ile birlikte kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri arasındaki fark da artmaktadır. Bunun yanında, uygulamalara kolaylık sağlaması bakımından kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminleri için tek girişli ağaç hacim tabloları geliştirilmiştir (Çizelge 6). Kabuklu gövde hacim tahminleri için Çizelge 7'de ve kabuksuz gövde hacim tahminleri için ise Çizelge 8'de çift girişli gövde hacim tabloları da verilmiştir.



Şekil 3. Kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri arasındaki ilişki

Çizelge 6. Tek girişli kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tablosu

Çap (cm)	Kabuklu gövde hacmi (m ³)	Kabuksuz gövde hacmi (m ³)	Çap (cm)	Kabuklu gövde hacmi (m ³)	Kabuksuz gövde hacmi (m ³)	Çap (cm)	Kabuklu gövde hacmi (m ³)	Kabuksuz gövde hacmi (m ³)
8	0.0213	0.0176	28	0.4902	0.4150	48	1.8884	1.6183
10	0.0373	0.0308	30	0.5825	0.4940	50	2.0915	1.7939
12	0.0588	0.0489	32	0.6846	0.5814	52	2.3072	1.9807
14	0.0865	0.0721	34	0.7968	0.6776	54	2.5357	2.1787
16	0.1208	0.1010	36	0.9193	0.7827	56	2.7772	2.3882
18	0.1623	0.1360	38	1.0525	0.8972	58	3.0321	2.6094
20	0.2112	0.1775	40	1.1966	1.0213	60	3.3006	2.8426
22	0.2681	0.2258	42	1.3520	1.1551	62	3.5828	3.0880
24	0.3333	0.2812	44	1.5189	1.2991	64	3.8791	3.3457
26	0.4072	0.3442	46	1.6976	1.4534	66	4.1895	3.6160

Çizelge 7. Çift girişli kabuklu gövde hacim tablosu

Göğüs çapı (cm)	Ağaç boyu (m)													
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
12	0.0368	0.0542	0.0731	0.0934	0.1150	0.1376								
16	0.0584	0.0860	0.1161	0.1484	0.1825	0.2184	0.2559							
20	0.0837	0.1231	0.1662	0.2124	0.2613	0.3126	0.3663	0.4220						
24	0.1121	0.1651	0.2228	0.2847	0.3502	0.4191	0.4910	0.5657	0.6430					
28	0.1437	0.2115	0.2855	0.3647	0.4487	0.5369	0.6290	0.7248	0.8238	0.9260				
32	0.1781	0.2621	0.3538	0.4521	0.5561	0.6655	0.7796	0.8983	1.0210	1.1477	1.2781			
36	0.2152	0.3167	0.4275	0.5463	0.6720	0.8042	0.9421	1.0855	1.2338	1.3869	1.5445	1.7063		
40	0.2549	0.3752	0.5064	0.6471	0.7961	0.9526	1.1160	1.2858	1.4615	1.6429	1.8295	2.0211	2.2175	
44	0.2971	0.4373	0.5903	0.7542	0.9278	1.1103	1.3007	1.4986	1.7035	1.9148	2.1324	2.3557	2.5846	2.8189
48	0.3416	0.5029	0.6789	0.8674	1.0671	1.2769	1.4960	1.7236	1.9592	2.2023	2.4524	2.7093	2.9726	3.2420
52		0.5720	0.7721	0.9865	1.2136	1.4522	1.7014	1.9602	2.2282	2.5046	2.7891	3.0813	3.3807	3.6871
56			0.8697	1.1113	1.3672	1.6360	1.9166	2.2082	2.5100	2.8215	3.1420	3.4711	3.8084	4.1535
60				1.2416	1.5275	1.8278	2.1414	2.4672	2.8044	3.1523	3.5104	3.8781	4.2550	4.6406
64					1.6944	2.0276	2.3754	2.7368	3.1109	3.4969	3.8941	4.3020	4.7201	5.1478
68						2.2351	2.6185	3.0169	3.4293	3.8548	4.2927	4.7423	5.2032	5.6747

Çizelge 8. Çift girişli kabuksuz gövde hacim tablosu

Göğüs çapı (cm)	Ağaç boyu (m)													
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
	Kabuklu gövde hacmi (m ³)													
12	0.0312	0.0461	0.0624	0.0800	0.0985	0.1181								
16	0.0497	0.0734	0.0993	0.1272	0.1567	0.1878	0.2204							
20	0.0712	0.1052	0.1423	0.1822	0.2246	0.2692	0.3158	0.3643						
24	0.0955	0.1411	0.1910	0.2445	0.3014	0.3612	0.4238	0.4888	0.5563					
28	0.1225	0.1809	0.2449	0.3135	0.3864	0.4631	0.5433	0.6268	0.7133	0.8026				
32	0.1519	0.2244	0.3037	0.3889	0.4793	0.5744	0.6739	0.7774	0.8847	0.9955	1.1096			
36	0.1837	0.2713	0.3672	0.4702	0.5795	0.6946	0.8149	0.9400	1.0697	1.2037	1.3417	1.4836		
40	0.2177	0.3216	0.4352	0.5573	0.6869	0.8232	0.9658	1.1141	1.2679	1.4266	1.5902	1.7583	1.9308	
44	0.2539	0.3750	0.5075	0.6499	0.8010	0.9600	1.1263	1.2993	1.4785	1.6637	1.8544	2.0505	2.2516	2.4575
48	0.2921	0.4315	0.5840	0.7478	0.9217	1.1046	1.2959	1.4950	1.7012	1.9143	2.1338	2.3594	2.5908	2.8278
52		0.4910	0.6645	0.8508	1.0487	1.2568	1.4745	1.7010	1.9357	2.1781	2.4278	2.6845	2.9478	3.2174
56			0.7488	0.9588	1.1818	1.4164	1.6617	1.9169	2.1814	2.4546	2.7360	3.0253	3.3220	3.6258
60				1.0717	1.3209	1.5831	1.8572	2.1425	2.4381	2.7435	3.0580	3.3813	3.7129	4.0526
64					1.4658	1.7567	2.0610	2.3775	2.7056	3.0444	3.3935	3.7522	4.1202	4.4971
68						1.9372	2.2726	2.6217	2.9834	3.3571	3.7420	4.1376	4.5434	4.9590

Bir gövde hacim denklemi/tablosu yalnızca örneklenen toplumda yer alan ağaçlar için geçerlidir ve geliştirildiği bölge dışında veya farklı ağaç türlerine ilişkin hacim tahminlerinde kullanılması uygun değildir (Kalıpsız, 1981). Bu çalışma kapsamında geliştirilen ağaç hacim denklemleri Safranbolu OİM sınırları içerisinde yayılış gösteren Kazdağı Gökarnı meşcerelerinde hacim tahminleri yapabilmek için geçerlidir. Bu denklemlerin farklı alanlarda yetişen Kazdağı Gökarnı hacim tahminleri için kullanım zorunluluğunun olduğu durumlarda ise yöre için uygunluklarının ayrıca denetlenmesi gerekmektedir.

4. Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışma kapsamında, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Safranbolu Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren Kazdağı Gökarnı meşcereleri için kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminlerinin yapılabilmesi için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Kabuklu ve kabuksuz hacim tahminleri için beşer adet tek ve beşer adet çift girişli olmak üzere, toplam 20 adet denkleme ilişkin parametre tahminleri yapılmıştır. Tüm parametreleri anlamlı bulunan denklemlere uygulanan nisbi sıralamalar sonucunda en başarılı denklemler belirlenmiştir. Kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminleri için tek girişli M5 ve çift girişli M9 denklemleri en başarılı denklemler olarak seçilmiştir. Bu denklemlerin tümü gövde hacmindeki toplam varyansın %95'ten fazlasını açıklayabilmektedir. Söz konusu denklemlerin geçerlilikleri 32 adet örnek ağaçtan oluşan bağımsız veri grubuyla test edilmiş ve Safranbolu OİM Kazdağı Gökarnı meşcereleri için kullanılabilir oldukları sonucuna varılmıştır.

Amenajman planlarından alınan bilgilere göre çalışma alanında örneklenen Gökarnı meşcerelerinin yetişme ortamı verim gücü değerleri birbirlerine yakındır. Bu sebeple, tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin başarıları birbirlerinden çok uzak değildir. Yine de, özellikle *OMH* ve *HKOK* değerleri çift girişli denklemler için daha düşük hesaplanmıştır. Hassas hacim tahminleri gerektiren bilimsel çalışmalar için çift girişli ağaç hacim denklemleri önerilirken, zaman ve maliyetin büyük önem taşıdığı pratik uygulamalar için tek girişli ağaç hacim denklemlerinin kullanılabilmesi gerekmektedir.

Aynı göğüs çapına sahip tüm ağaçlar için aynı gövde hacim tahmini sunan tek girişli ağaç hacim denklemlerinin/tablolarnın tercih edildiği bölgelerde yetişme ortamı farklılıklarının fazla olmaması gerekmektedir. Çünkü boy gelişiminin en önemli

göstergelerinden birisi olan yetişme ortamı verim gücü (bonitet) farklılıkları aynı çapa sahip ağaçlarda boy ve dolayısıyla hacim varyasyonunu da arttıracaktır. Bu nedenle, yetişme ortamı verim gücü varyasyonunun yüksek olduğu bölgelerde çift girişli ağaç hacim denklemlerinin kullanılması daha uygun olacaktır. Çift girişli ağaç hacim denklemlerinin uygulamada kullanılmasının zor olduğu bölgelerde her bir bonitet sınıfı için geliştirilecek tek girişli ağaç hacim denklemleri/tablolarnı ile uygulamacıya kolaylık sağlanabilecektir.

Açıklama

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen 1919B012113793 başvuru nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiş olup, katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz. Ayrıca, arazi çalışmalarındaki desteklerinden dolayı Safranbolu Orman İşletme Müdürlüğü idari ve teknik personeline teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akindele, S.O., LeMay, V.M., 2006. Development of tree volume equations for common timber species in the tropical rain forest area of Nigeria. *Forest Ecology and Management*, 226(1-3): 41-48.
- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki Kızılcım Ormanlarının Gelişimi, Hasılat Ve Amenajman Esasları. *Ormançılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten*, No: 11, Ankara.
- Alemdağ, Ş., 1967. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü Ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar. *Ormançılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten*, No: 20, Ankara.
- Anşin, R., 2001. Tohumlu Bitkiler: Gymnospermae (Açık Tohumlular). I. Cilt, III. Baskı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, Trabzon.
- Atalay İ., 2014. Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri. Meta Basım, İzmir, Türkiye.
- Baskerville, G.L., 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forest Research*, 2: 49-53.
- Bozkuş, H.F., Carus, S., 1997. Toros gökarnı (*Abies cilicica* Carr.) ve Sedir (*Cedrus libani* Link.)'in karşılaştırmalı çift girişli ağaç hacim tabloları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A Serisi, 47(1): 51-70
- Brooks, J.R., Wiant, H.V., 2008. Ecoregion based local volume equations for Appalachian hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry*, 25(2): 87-92.
- Carus, S., Memiş, İ., Kündü, K., Alem, Ö., 2016. Şehit Ali İhsan Kalmaz Ormanı karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ağaçlandırması için tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 17(1): 37-42.

- Çalışkan, A., Yeşil, A., 1996. Büyükdüz Araştırma Ormanı sarıçam-gökknar-kayın karışık meşcerelerinde bulunan sarıçam için tek ve çift girişli hacim tablosu. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 46(1): 39-50.
- Çatal, Y., Güneş, A., 2018. Antalya yöresi ormanları için titrek kavak ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Türkiye Ormancılık Dergisi, 19(1): 30-39.
- Çatal, Y., Gürlevik, N., Karatepe, Y., Carus, S., 2005. Isparta-Gölcük yöresi yalancı akasya (*Robinia Pseudoacacia* L.) meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim tablosu. Turkish Journal of Forestry, 6(2): 78-90.
- Durkaya, B., Durkaya, A., 2006. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Uludağ göknarı (*Abies Bormmülleriana* Matff.), sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky.) karışık meşcereleri için hacim tabloları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 8(10): 10-19.
- Eler, Ü., 2013. Dendrometri. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, SDÜ Basımevi, Isparta.
- Eraslan, İ., 1954. Trakya Ve Bilhassa Demirköy Mıntıkası Meşe Ormanlarının Amenajman Esasları Hakkında Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, OGM Basımevi, İstanbul.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam hacim tablosu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A-9(1): 97-112.
- Kahriman, A., Sönmez, T., Şahin, A., 2017. Antalya ve Mersin yöresi kızılçam meşcereleri için ağaç hacim tabloları. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(1): 9-22.
- Kalıpsız, A., 1981. İstatistik Yöntemler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İÜ Basımevi, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1993. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İÜ Basımevi, İstanbul.
- Mısır, N., Mısır, M., 2004. Developing double-entry tree volume table for Ash in Turkey. Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 3(4): 135-144.
- Ölmez, K., Şenyurt, M., 2022. Sarıçam ağaçları (*Pinus sylvestris* L.) için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi (Bozalan ve Çubuk yöresi örneği). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 8(1): 73-82.
- Özçankaya, N., Batur, M., Kiracioğlu, Ö., 2021. İzmir Orman Bölge Müdürlüğü fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcereleri için gövde hacim tablolarının düzenlenmesi. Ormancılık Araştırma Dergisi, 8(2): 125-145.
- Özçelik, R., 2010. Bucak yöresi kızılçam, sedir ve Toros Göknaarı türleri için hacim denklemleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A(2): 1-15.
- Özçelik, R., Çevlik, M., 2017. Batı Akdeniz Yöresi doğal sedir meşcereleri için hacim denklemleri. Turkish Journal of Forestry, 18(1): 37-48.
- Özçelik, R., Kalkanlı, Ş., 2018. Kaş Yöresi doğal kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcereleri için ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 19(1): 9-19.
- Özçelik, R., Karaer, K., 2016. Eğirdir Yöresi doğal kızılçam ve karaçam meşcereleri için ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 66(1): 59-74.
- Poudel, K.P., Cao, Q.V., 2013. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. Forest Science, 59(2): 243-252.
- Sakıcı, O.E., Özdemir, G., 2018. Stem taper estimations with artificial neural networks for mixed Oriental beech and Kazdağı fir stands in Karabük region, Turkey. Cerne, 24: 439-451.
- Sakıcı, O.E., Yavuz, H., 2003. Ilgaz Dağı göknar meşcereleri için hacim fonksiyonları. Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi, 3(2): 219-232.
- 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.
- Seki, M., 2022. Developing single and double entry tree volume equations for Calabrian pine trees in Bergama Forest Enterprise. 2. International Congress on Environment, Disaster and Forest, 02-03 December, Adana, Türkiye, pp. 105.
- Sönmez, T., Gencal, B., Çankaya, E.Ç., 2023. Single- and double-entry volume equations for Turkey oak (*Quercus cerris* L.) stands in Bursa Regional Directorate of Forestry. Forestist, 73(1): 51-62.
- Sprugel, D.G., 1983. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. Ecology, 64: 209-210.
- Şenyurt, M., Ümit, M., 2019. Asarkaya kızılçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 5(2): 108-116.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü yöresinde karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(5): 1181-1188.

Abana ve Bozkurt (Kastamonu) yörelerinde kestane balı üretilen ormanların florası

Nurcan Yiğit^a, Nagihan Seki^{b,*}, Ayşe Öztürk Pulatoğlu^a

Özet: Bu çalışma Kastamonu ili Bozkurt ve Abana ilçelerinde kestane balı üretimi yapılan Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) ormanlarının mevcut florasının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırma alanında kestane dışında arıcılık için elverişli nektar ve polenli bitkiler tespit edilmiştir. Yapılan arazi çalışmaları sonucunda 63 familyaya ait 216 takson belirlenmiştir. Taksonların fitocoğrafik bölgelere göre dağılımı; 86 (%39,8)'sı Avrupa-Sibirya, 17 (%7,9)'i Akdeniz ve kalan 113 (%52,3)'ü ise geniş yayılışlı veya fitocoğrafik bölgesi bilinmeyenler şeklindedir. Çalışmada tespit edilen taksonlardan 195 (%90) adedinin arılar tarafından ziyaret edilen bitkiler olduğu saptanmıştır. Arılar tarafından nektar, polen ve propolis için ziyaret edilen bitki taksonları bakımından en zengin familyalar sırasıyla; Fabaceae (29 takson), Asteraceae (23 takson) Lamiaceae (13 takson) ve Rosaceae (11 takson)'dir.

Anahtar kelimeler: Anadolu Kestanesi, Bitkisel biyoçeşitlilik, Arı bitkileri, Kastamonu

Flora of chestnut honey production forests in Abana and Bozkurt (Kastamonu) regions

Abstract: This study was conducted to determine the flora of Anatolian Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) forests in Bozkurt and Abana, located within the boundaries of Kastamonu. Besides chestnut, nectar and pollen plants, which are suitable for beekeeping, have been identified in the region. As a result of the study, 216 taxa belonging to 63 families were determined. The phytogeographic regions of the taxa were as follows: 86 (39.8%) Euro-Siberian, 17 (7.9%) Mediterranean, and 113 (52.3%) multiregional or phytogeographically unknown. It was concluded that 195 (90%) of the identified taxa were bee plants in the studied region. The most attractive plants for bees were determined as Fabaceae (29 taxa), Asteraceae (23 taxa), Lamiaceae (13 taxa) and Rosaceae (11 taxa).

Keywords: Anatolian chestnut, Plant biodiversity, Bee plants, Kastamonu

1. Giriş

Ormanların sürdürülebilir şekilde yönetilmesi çağdaş ormancılığın temelini oluşturmaktadır. Ormanlık alanların arıcılık faaliyetleri açısından değerlendirilmesi ekonomik, ekolojik ve sosyal sonuçların yanı sıra ormanların geleceği bakımından büyük önem arz etmektedir (OGM, 2018). Amacı, bal, bal mumu, polen, arı sütü, arı zehri, propolis vb. üretmek olan ekonomik faaliyetler arıcılık olarak adlandırılmaktadır (Doğanay ve Çoşkun, 2012; OGM, 2018). Coğrafyanın, iklim şartlarının ve bitki örtüsünün özellikle de ballı bitki taksonlarının arıcılık açısından uygun olması, arı yetiştiriciliği ve buna bağlı bal üretiminde temel etkindir. Özellikle orman ve orman içi açıklıklar sahip oldukları zengin bitki örtüsü ile arıcılık faaliyetleri için oldukça uygun alanlardır. Türkiye, yüzölçümünün yaklaşık üçte birinin (22.933.000 ha) ormanlarla kaplı olması ile arıcılık açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Ayrıca, dünya üzerinde mevcut olan ballı bitki tür ve çeşitlerinin %75'inin Türkiye'de bulunması ülkemiz ve arıcılık ile ilgilenenler için doğal zenginliktir (OGM, 2018).

Arıcılıkta işgücü gereksiniminin hayvancılık, tarım vb. gibi diğer üretim alanlarına kıyasla daha az olması, işletme maliyetlerinin düşüklüğü, kısa zamanda gelir getirmesi, arı ürünlerinin kolaylıkla pazarlanabilmesi gibi olumlu yönler arıcılığı önemli bir tarım kolu haline getirmiştir (Crane, 1975; Parlakay vd., 2008; OGM, 2018; Saner, vd., 2018; Sıralı vd., 2018). Arıcılık, özellikle geniş ürün yelpazesi nedeniyle, dünyada hızla gelişme göstermektedir. Arı ürünlerinin hem tedavi hem de kozmetik alanlarında kullanılması ile, arıcılık faaliyetleri tüm dünyada yaygınlaşmış ve arı ürünleri ön plana çıkmaya başlamıştır (Yaşar vd., 2012). Arıcılık, Avrupa ülkelerinde geleneksel olarak kullanımının yanında ayrıca bir gelir kaynağı, Uzak doğu ve Afrika'da önemli bir dış ticaret unsuru, ABD, Kanada, Japonya gibi daha gelişmiş bölgelerde ise biyoçeşitliliğe katkı sağlayan önemli bir faaliyet olarak bilinmektedir (Vural, 2008).

Gıda maddelerinin büyük çoğunluğunu oluşturan bitki türlerinin %77'si arılar aracılığıyla tozlaşmaya gerek duymaktadır. Özellikle, çiçekli bitkilerde meyve ve tohum bağlama için dölleme elzemdir (Crane, 1975; OGM, 2018; Saner, vd., 2018; Sıralı vd., 2018). Bal arısının asıl değeri,

✉ ^a Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

^b Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): nagihanseki@karabuk.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 08.04.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 02.05.2023



Citation (Atıf): Yiğit, N., Seki, N., Öztürk Pulatoğlu, A., 2023. Abana ve Bozkurt (Kastamonu) yörelerinde kestane balı üretilen ormanların florası. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 69-79.
DOI: [10.18182/tjf.1279653](https://doi.org/10.18182/tjf.1279653)

arıcılık ürünlerini üretmelerinden ziyade, ekolojik dengede bitkileri tozlaştırma konusunda anahtar rol oynamalarıdır. Arılar; tozlaşma olayının gerçekleşmesi, biyoçeşitliliğin ve yaban hayatının korunması ve devamlılığı için oldukça önemlidir (Koday, 2005). Özellikle zengin bitki örtüsü bal kalitesinin artmasına uygun bir ortam oluşturmaktadır (Koday ve Karadağ, 2019).

Dünyada yaklaşık 74 milyon arı kovanı bulunmakta ve yılda ortalama 1,4 milyon ton bal üretimi yapılmaktadır. Çin sahip olduğu 7,4 milyon arı kovanı ile en çok bal üreten ülke konumundadır. Kovan sayısı bakımından Çin'i sırasıyla Türkiye, Arjantin, Ukrayna ve ABD takip etmektedir (Günaydın, 2007). Türkiye kovan varlığı açısından ikinci sırada yer almasına rağmen, kovan başına ortalama 16 kg bal üretimi ile dünya ortalaması olan 20 kg'ın altında kalmaktadır (Özcan, 2011).

Türkiye'de özellikle Ege, Karadeniz ve Akdeniz kovan varlığı ve bal üretimi bakımından arıcılığın başta geldiği bölgelerdir. Bal üretiminin neredeyse yarısı bu üç bölgeden sağlanmaktadır. Ülkenin sahip olduğu zenginliği kullanabilmek adına Orman Genel Müdürlüğü tarafından "Bal Eylem Planları" oluşturulmuştur (OGM, 2013; OGM, 2018) Bu planlar ile tesis edilen toplam 676 adet bal ormanının 10 tanesi Kastamonu'da bulunmaktadır (OGM, 2022). Bunlardan, Sarıçiçek bal ormanı Bozkurt Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunmakta olup, çalışma alanı kapsamında yer almaktadır. Çalışma alanı sınırlarında elde edilen balın içeriğini ve kalitesini yakından ilgilendiren bitki örtüsü ile ilgili Kastamonu yöresi için herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışma ile; Batı Karadeniz Bölümünde yer alan Kastamonu-Abana ve Bozkurt ilçelerinde kestane balı üretimi yapılan kestane ormanlarındaki vasküler floranın ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Bu çalışma, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Bozkurt Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Abana Orman İşletme Şefliği ile Bozkurt Orman İşletme Şefliği'nde bulunan doğal kestane ormanlarında yürütülmüştür (Şekil 1). Araştırma alanı coğrafi bakımdan Kastamonu ili, Abana ve Bozkurt ilçeleri sınırları içerisinde yer almaktadır. Karadeniz kıyı şeridinde bulunan ilçelerden Bozkurt, Abana'ya 2 km, Kastamonu iline ise yaklaşık 98 km mesafededir. Bitki coğrafyası yönünden Avrupa-Sibirya fitocoğrafik bölgesinde bulunan çalışma alanı, A4 karesinde yer almaktadır (Davis, 1965-1985).

Çalışma alanı için Abana meteoroloji istasyonunun iklim verileri dikkate alınmıştır. 2018-2021 yılları arasındaki iklim verilerine göre, Abana için yıllık ortalama sıcaklık 15,0°C ve ortalama yağış 883,3 mm'dir. (Çizelge 1). Thornthwaite'in iklim sınıflandırmasına göre ise bölge nemli iklim tipine sahiptir (TDMS, 2022).

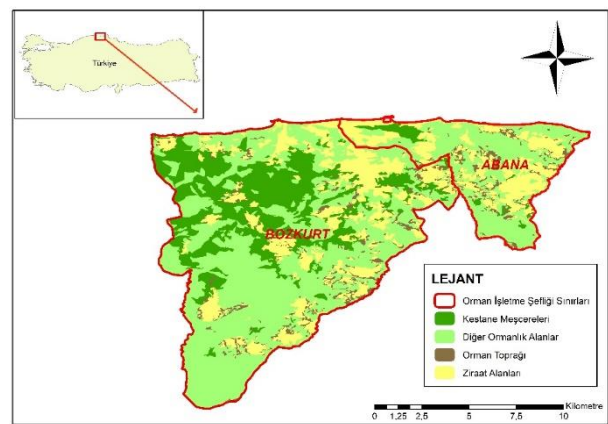
Arazi çalışmaları 2021-2022 yıllarında, iki vejetasyon dönemi süresince Abana ve Bozkurt ilçelerinde bulunan doğal kestane ormanlarında yürütülmüştür. Bölgede arıcılık faaliyetinde bulunan kişilerle görüşülerek özellikle arıcılık faaliyetinin yapıldığı alanlarda çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Çizelge 2). Çalışma alanına iki haftalık periyotlarla gidilerek

arazide floristik çalışmalar yapılmıştır. Bitkiler, bal arılarının aktif olarak polen ve nektar topladığı Mayıs-Ekim ayları arasında toplanmıştır. Bitkiler toplanırken teşhis çalışmaları için gerekli tüm kısımlarının üzerinde bulunmasına dikkat edilmiş ve arıların ziyaret ettiği bitkiler özellikle not alınarak fotoğraflanmıştır.

Toplanan bitkiler, Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Davis, 1965-1985; Davis vd., 1988; Güner vd., 2000) ve Resimli Türkiye Florası (Güner vd., 2022)'na göre teşhis edilmiştir. Sistematik liste oluşturulurken, Pteridophyta bölümüne ilişkin taksonlar Pteridophyta Phylogeny Group (PPG) I (2016)'e, Spermatophyta bölümünün Gymnospermae alt bölümüne ait taksonlar Christenhusz vd. (2016)'e göre listelenmiştir. Angiospermae alt bölümüne ait taksonların sistematik dizini ise Angiosperm Phylogeny Group (APG) IV (Chase vd., 2016)'e göre yapılmıştır. Taksonların güncel bilimsel adları Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler) (Güner vd., 2012) ve Plants of the World Online (POWO, 2023)'na göre güncellenmiştir. Tespit edilen taksonların çiçeklenme periyotları, arazi gözlemleri ve Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Davis, 1965-1985; Davis vd., 1988; Güner vd., 2000)'e, hayat formları Raunkiaer (1934)'e ve Türkçe bitki adları ve fitocoğrafik bölgeleri ise Güner vd. (2012)'ne göre verilmiştir. Teşhisi tamamlanan bitki örnekleri Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Bilgehan Bilgili Herbaryumu'nda muhafaza altına alınmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Bölgede yapılan arazi çalışmaları sonucunda kestane ormanlarında doğal yayılışı olan 63 familyaya ait toplamda 216 takson tespit edilmiştir. Belirlenen bu taksonlardan 195 adetinin arı bitkisi olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda saptanan taksonların sistematik dizini, Türkçe adı, fitocoğrafik bölgesi, hayat formu, çiçeklenme periyodu, lokasyon bilgisi ve toplayıcı numarası Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyonu

Çizelge 1. Kastamonu Meteoroloji İstasyonu Ortalama İklim Değerleri (1930-2022)

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Sıcaklık (°C)	8,3	7,6	8,7	10,8	16,4	21,1	23,5	23,4	20,3	16,8	12,8	10,4	15,0
Yağış (mm)	101,9	81,4	78,0	22,3	50,4	56,4	52,6	100,5	61,4	105,4	72,13	100,3	883,3

Çizelge 2. Bitki toplanan lokasyonların listesi

L1	Kastamonu: Abana, Merkez	L6	Kastamonu: Bozkurt, Yakaören (İlişi) köyü, Türbedüzü mahallesi
L2	Kastamonu: Abana, Akçam köyü mevkii	L7	Kastamonu: Abana, Akçam köyü, Uludere mevkii
L3	Kastamonu: Bozkurt, Sarıççek mevkii	L8	Kastamonu: Bozkurt, Yakaören (İlişi) köyü, Cumayanı mevkii
L4	Kastamonu: Bozkurt, Merkez, Bahçe mahallesi	L9	Kastamonu: Bozkurt, Günvakti köyü
L5	Kastamonu: Bozkurt, Görentaş köyü	L10	Kastamonu: Bozkurt, Güngören, Yukarıköy mevkii, Ballık mahallesi

Çizelge 3. Abana ve Bozkurt yöresi kestane ormanlarında tespit edilen taksonlar, Türkçe adları, fitocoğrafik bölgeleri, yaşam formları, çiçeklenme dönemleri, lokasyon ve toplayıcı numarası bilgileri

Takson adı	Türkçe adı	Fitocoğrafik bölge	Hayat formu	Çiçeklenme periyodu	Lokasyon	Toplayıcı numarası
PTERIDOPHYTA						
Equisetaceae						
<i>Equisetum telmateia</i> Ehrh.,	Deredoruk	-	Cr	-	L1	AÖP 1445
Dennstaedtiaceae						
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Eğrelti	-	Cr	-	L2	AÖP 1489
Aspleniaceae						
<i>Asplenium scolopendrium</i> L.	Geyikdili	-	Cr	-	L1	AÖP 1461
Polypodiaceae						
<i>Dryopteris pseudomas</i> (Woll.) Holub & Pouzar	Yaylapıluncu	-	Cr	-	L7	AÖP 1568
SPERMATOPHYTA						
GYMNOSPERMAE						
Pinaceae						
* <i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven f. <i>hamata</i>	Sarıçam	Avr-Sib	Ph	-	L2	AÖP 1488
* <i>Pinus brutia</i> Ten. var. <i>brutia</i> f. <i>brutia</i>	Kızılçam	Doğu Akd	Ph	6	L5	AÖP 1560
Cupressaceae						
* <i>Juniperus oxycedrus</i> L. var. <i>oxycedrus</i>	Katranardıcı	-	Ph	-	L5	AÖP 1524
ANGIOSPERMAE						
KLAD 1. MAGNOLIIDS						
Lauraceae						
* <i>Laurus nobilis</i> L.	Defne	Akd	Ph	3-5	L9	AÖP 1617
KLAD 2. MONOCOTS						
Dioscoreaceae						
* <i>Dioscorea communis</i> (L.) Caddick & Wilkin	Dolanbaç	-	H	4-6	L1	AÖP 1443
Liliaceae						
* <i>Fritillaria pontica</i> Wahlenb.	Eğrilale	Avr-Sib	Cr	4-6	L1	AÖP 1452
Smilacaceae						
* <i>Smilax excelsa</i> L.	Dikenucu	Kar	Ph	5	L7	AÖP 1569
Orchidaceae						
* <i>Dactylorhiza incarnata</i> (L.) Soó	Azsalep	-	Cr	6-7	L9	AÖP 1608
* <i>Limodorum abortivum</i> (L.) Sw.	Saçuzatan	-	Cr	4-7	L9	AÖP 1588
* <i>Ophrys scolopax</i> Cav. subsp. <i>cornuta</i> (Steven) E.G.Camus	-	-	Cr	5-7	L5	AÖP 1535
* <i>Serapias orientalis</i> (Greuter) H.Baumann & Künkele	Dillikulak	Akd	Cr	5-7	L2	AÖP 1469
Asparagaceae						
* <i>Ruscus aculeatus</i> L.	Tavşanmemesi	-	Cr	3-5	L1	AÖP 1446
* <i>Ruscus hypoglossum</i> L.	Atdili	Avr-Sib	Cr	3-4	L1	AÖP 1447
KLAD 3. COMMELINIDS						
Juncaceae						
<i>Juncus effusus</i> L. subsp. <i>effusus</i>	Cilotu	-	H	4-7	L2	AÖP 1483
<i>Luzula stenophylla</i> Steud.	Acemluzulu	Kar (dağ)	H	5-7	L5	AÖP 1529
<i>Luzula sylvatica</i> (Huds.) Gaudin	Meşemuzulu	Avr-Sib	H	5-7	L1	AÖP 1442
Poaceae						
<i>Aegilops speltoides</i> Tausch subsp. <i>speltoides</i>	Akbuğdayanası	-	Th	5	L5	AÖP 1546
<i>Agrostis gigantea</i> Roth subsp. <i>gigantea</i>	Kocatavusotu	Avr-Sib	H	7-8	L9	AÖP 1608
<i>Briza media</i> L.	Zembilotu	-	H	5-8	L9	AÖP 1609
<i>Bromus tectorum</i> L.	Kırbromu	-	Th	4-7	L1	AÖP 1441
<i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>	Domuzayrığı	Avr-Sib	Cr	4-8	L5	AÖP 1547
<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	Bodurdeveotu	-	H	6-9	L3	AÖP 1512
<i>Festuca drymeja</i> Mert. & W.D.J.Koch	Çalyumağı	Avr-Sib	H	6-7	L1	AÖP 1440
<i>Melica uniflora</i> Retz.	Seyrekinciotu	Avr-Sib	H	6-8	L7	AÖP 1571
<i>Phalaris paradoxa</i> L.	Topuzlukanyaş	Akd	Th	4-7	L5	AÖP 1558
Commelinaceae						
* <i>Tradescantia fluminensis</i> Vell.	Aktelgrafçiçeği	Egzotik	H	5-9	L1	AÖP 1449

Çizelge 3. devamı

Takson adı	Türkçe adı	Fitocoğrafik bölge	Hayat formu	Çiçeklenme periyodu	Lokasyon	Toplayıcı numarası
KLAD 4. EUDICOTS						
Papaveraceae						
* <i>Chelidonium majus</i> L.	Kırlangıçotu	Avr-Sib	H	4-8	L7	AÖP 1574
Ranunculaceae						
* <i>Clematis vitalba</i> L.	Akasma	-	Ph	6-8	L2	AÖP 1500
* <i>Clematis viticella</i> L.	Yakmuk	-	Ph	6-7	L1	AÖP 1455
* <i>Helleborus orientalis</i> Lam.	Çöpleme	Kar	Cr	3-5	L9	AÖP 1591
* <i>Ranunculus arvensis</i> L.	Mustafaçiçeği	-	Th	3-6	L9	AÖP 1618
Celastraceae						
* <i>Euonymus europaeus</i> L.	İğaçacı	Avr-Sib	Ph	4-6	L10	AÖP 1625
KLAD 5. ROSIDS						
Hypericaceae						
* <i>Hypericum androsaemum</i> L.	Kamaniça	-	H	6-7	L2	AÖP 1470
* <i>Hypericum montbretii</i> Spach	Çaykantarunu	-	H	4-7	L9	AÖP 1599
* <i>Hypericum orientale</i> L.	Sandıkçiçeği	-	H	5-7	L5	AÖP 1557
* <i>Hypericum perforatum</i> L. subsp. <i>veronense</i> (Schränk) H.Linb.	Sarıkantarun	-	H	4-8	L2	AÖP 1475
Violaceae						
* <i>Viola kitaibeliana</i> Schult.	Yabanimenekşe	-	Th	3-6	L9	AÖP 1593
* <i>Viola occulta</i> Lehm.	Saklımenekşe	-	Th	4-5	L9	AÖP 1592
Salicaceae						
<i>Populus tremula</i> L.	Titrekkavak	-	Ph	3-4	L5	AÖP 1559
* <i>Salix caprea</i> L.	Sorgun	Avr-Sib	Ph	4-5	L5	AÖP 1562
Euphorbiaceae						
* <i>Euphorbia amygdaloides</i> L. subsp. <i>robbiae</i> (Turrill) Stace	Haszerana	Kar	H	3-8	L7	AÖP 1573
* <i>Euphorbia palustris</i> L.	Susütleğeni	Avr-Sib	H	3-6	L9	AÖP 1613
* <i>Euphorbia seguieriana</i> Neck. subsp. <i>niciciana</i> (Borbás ex Novák) Rech.f.	Ekinsütleğeni	-	H	3-10	L5	AÖP 1542
Linaceae						
* <i>Linum bienne</i> Mill.	Deliketen	-	H	3-5	L2	AÖP 1465
* <i>Linum trigynum</i> L.	Otlakketeni	Akd	Th	4-5	L10	AÖP 1629
Fabaceae						
* <i>Anthyllis vulneraria</i> L. subsp. <i>boissieri</i> (Sagorski) Bormm.	Çobangülü	-	H	6-7	L5	AÖP 1536
* <i>Argyrolobium biebersteinii</i> P.W.Ball	Acıcolluk	Hır-Kar	H	6-8	L2	AÖP 1481
* <i>Astragalus glycyphylloides</i> DC.	Tatlıgeven	Avr-Sib	H	6-7	L1	AÖP 1399
* <i>Astragalus glycyphyllos</i> L.	Devgeven	Avr-Sib	H	6-8	L2	AÖP 1496
* <i>Bituminaria bituminosa</i> (L.) C.H.Stirt.	Asfaltotu	Akd	H	5-8	L4	AÖP 1514
* <i>Colutea cilicica</i> Boiss. & Balansa	Patlangaç	-	Ph	4-9	L4	AÖP 1515
* <i>Coronilla varia</i> L.	Körigen	Doğu Akd	H		L3	AÖP 1510
* <i>Galega officinalis</i> L.	Keçisedefi	Avr-Sib	H	6-9	L3	AÖP 1507
* <i>Genista tinctoria</i> L.	Boyacıkatırtırnağı	Avr-Sib	Ph	4-7	L3	AÖP 1506
* <i>Lathyrus aureus</i> (G.Lodd. ex Drapiez) D.Brändzä	Korumürdümüğü	Kar	H	5-7	L9	AÖP 1606
* <i>Lathyrus laxiflorus</i> (Desf.) Kuntze subsp. <i>laxiflorus</i>	Deliburçak	-	H	5-8	L1	AÖP 1458
* <i>Lotus angustissimus</i> L.	Kurtluot	-	Th	-	L8	AÖP 1584
* <i>Lotus corniculatus</i> L. var. <i>corniculatus</i>	Gazalboynuzu	-	H	6-8	L2	AÖP 1490
* <i>Lotus graecus</i> L.	Akkaplanotu	Kar	H	4-8	L2	AÖP 1474
* <i>Medicago lupulina</i> L.	Bitçikotu	-	H	5-7	L2	AÖP 1493
* <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam.	Kokuluyonca	-	Th	5-9	L2	AÖP 1499
* <i>Sophora alopecuroides</i> L. var. <i>alopecuroides</i>	Acımeyan	-	H	4-7	L2	AÖP 1468
* <i>Spartium junceum</i> L.	Katırtırnağı	Akd	Ph	4-7	L5	AÖP 1539
* <i>Trifolium alexandrinum</i> L.	Sirek	-	Th	4-6	L8	AÖP 1586
* <i>Trifolium angustifolium</i> L.	Nefel	-	Th	3-5	L5	AÖP 1553
* <i>Trifolium arvense</i> L.	Tavşanayağı	-	Th	3-6	L5	AÖP 1549
* <i>Trifolium campestre</i> Schreb. subsp. <i>campestre</i>	Üçgül	-	Th	2-6	L8	AÖP 1587
* <i>Trifolium echinatum</i> M.Bieb.	Kirpitiçgülü	Doğu Akd	Th	3-6	L3	AÖP 1513
* <i>Trifolium medium</i> L.	Köseyonca	-	H	5-8	L4	AÖP 1521
* <i>Trifolium pratense</i> L. subsp. <i>pratense</i>	Çayırgülü	-	H	5-9	L8	AÖP 1585
* <i>Trifolium repens</i> L. subsp. <i>repens</i>	Aküçgül	-	H	3-9	L9	AÖP 1595
* <i>Vicia cassubica</i> L.,	Dirifig	Avr-Sib	Cr	5-7	L6	AÖP 1566
* <i>Vicia cracca</i> L.	Kuşfiği	Avr-Sib	H	4-8	L1	AÖP 1398
* <i>Vicia sativa</i> L. subsp. <i>nigra</i> Ehrh.	Eşekgürülü	-	Th	3-5	L9	AÖP 1607
Polygalaceae						
* <i>Polygala anatolica</i> Boiss. & Heldr.	Yıllanyoncası	-	Ch	5-8	L5	AÖP 1527
* <i>Polygala major</i> Jacq.,	Kocasütotu	Avr-Sib	Ch	5-9	L5	AÖP 1540
* <i>Polygala supina</i> Schreb. subsp. <i>supina</i>	Gihayesipirge	-	Ch	6-7	L9	AÖP 1594
* <i>Polygala vulgaris</i> L.	Sütotu	Avr-Sib	Ch	-	L5	AÖP 1537

Çizelge 3. devamı

Takson adı	Türkçe adı	Fitocoğrafik bölge	Hayat formu	Çiçeklenme periyodu	Lokasyon	Toplayıcı numarası
Rosaceae						
* <i>Agrimonia repens</i> L.	Yerfitikotu	-	H	6-8	L10	AÖP 1619
* <i>Cotoneaster nummularius</i> Fisch. & C.A.Mey.	Dağmuşmulası	-	Ph	4-6	L5	AÖP 1526
* <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Yemişen	-	Ph	4-6	L2	AÖP 1479
* <i>Fragaria vesca</i> L.	Dağçileği	Avr-Sib	H	4-6	L2	AÖP 1463
* <i>Geum urbanum</i> L.	Meryemotu	Avr-Sib	H	5-7	L7	AÖP 1572
* <i>Potentilla reptans</i> L.	Reşatmotu	-	H	5-8	L2	AÖP 1482
* <i>Pyracantha coccinea</i> M.Roem	Ateşdikeni	Avr-Sib	Ch	4-6	L4	AÖP 1520
* <i>Rosa canina</i> L.	Kuşburnu	-	Ch	5-7	L5	AÖP 1525
* <i>Rubus caesius</i> L.	Büküzümü	-	Ch	5-8	L2	AÖP 1464
* <i>Rubus canescens</i> DC.,	Çobankösteği	Avr-Sib	Ch	5-8	L1	AÖP 1450
* <i>Torminalis glaberrima</i> (Gand.) Sennikov & Kurtto	Pitlicen	-	Ph	5-6	L2	AÖP 1497
Cannabaceae						
* <i>Humulus lupulus</i> L.	Şerbetçiotu	Avr-Sib	H	6-8	L5	AÖP 1551
Urticaceae						
* <i>Urtica dioica</i> L. subsp. <i>dioica</i>	Isırgan	Avr-Sib	H	6-9	L2	AÖP 1471
Fagaceae						
* <i>Castanea sativa</i> Mill.	Kestane	Avr-Sib	Ph	6-7	L2	AÖP 1491
<i>Fagus orientalis</i> Lipsky	Kayın	Avr-Sib	Ph	5	L10	AÖP 1627
* <i>Quercus cerris</i> L.	Saçlımeşe	Akd	Ph	8-9	L5	AÖP 1534
* <i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl. <i>iberica</i> (Steven ex M.Bieb.) Krassiln.	Ballıkmeşesi	-	Ph	9-10	L10	AÖP 1635
Betulaceae						
* <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn. subsp. <i>glutinosa</i>	Kızılğaç	Avr-Sib	Ph	4	L5	AÖP 1556
* <i>Carpinus betulus</i> L.	Gürgen	-	Ph	7-8	L2	AÖP 1480
* <i>Corylus avellana</i> L. var. <i>avellana</i>	Fındık	Avr-Sib	Ph	2-3	L10	AÖP 1647
* <i>Corylus maxima</i> Mill.	Tombulfindık	Avr-Sib	Ph	3	L3	AÖP 1509
<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	Firek	Akd	Ph	3-4	L1	AÖP 1444
Geraniaceae						
* <i>Geranium asphodeloides</i> Burm.f.	Yaramerhemi	Avr-Sib	H	4-6	L9	AÖP 1596
* <i>Geranium columbinum</i> L.	Güvercintırnı	-	Th	4-6	L9	AÖP 1604
* <i>Geranium dissectum</i> L.	Dilimlitırnı	-	Th	4-5	L2	AÖP 1476
* <i>Geranium robertianum</i> L.	Dağıtırnı	-	Th	4-6	L1	AÖP 1459
Onagraceae						
* <i>Circaea lutetiana</i> L.	Kankurutan	-	H	6-9	L1	AÖP 1451
Lythraceae						
* <i>Lythrum maritimum</i> Kunth	Aklarotu	-	H	6-8	L2	AÖP 1484
Staphyleaceae						
* <i>Staphylea pinnata</i> L.	Ağzlıkçalısı	Kar	Ph	4-5	L1	AÖP 1397
Anacardiaceae						
* <i>Cotinus coggygria</i> Scop.	Boyacısumağı	-	Ph	4-6	L5	AÖP 1543
* <i>Pistacia terebinthus</i> L.	Menengiç	Doğu Akd	Ph	3-5	L5	AÖP 1545
Sapindaceae						
* <i>Acer campestre</i> L. subsp. <i>campestre</i>	Ovaakça ağacı	Avr-Sib	Ph	4-5	L4	AÖP 1518
* <i>Acer platanoides</i> L. subsp. <i>platanoides</i>	Çınarakça ağacı	Avr-Sib	Ph	3-5	L1	AÖP 1396
Thymelaeaceae						
* <i>Daphne pontica</i> L. subsp. <i>pontica</i>	Sırmağı	Kar	Ph	3-8	L5	AÖP 1532
Cistaceae						
* <i>Cistus creticus</i> L.	Laden	Omni-Akd	Ph	3-6	L4	AÖP 1517
* <i>Cistus salviifolius</i> L.	Kartli	-	Ph	3-5	L9	AÖP 1592
Malvaceae						
* <i>Tilia tomentosa</i> Moench	Gümüşihlamur	Avr-Sib	Ph	6	L6	AÖP 1567
Brassicaceae						
* <i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All.	Kediturpu	-	Th	4-6	L9	AÖP 1603
Polygonaceae						
* <i>Persicaria maculosa</i> Gray	Söğütotu	-	Th	8-12	L10	AÖP 1632
* <i>Polygonum aviculare</i> L.	Köyotu	-	Th	7-11	L10	AÖP 1631
* <i>Rumex alpinus</i> L.	Şortah	-	H	6-8	L9	AÖP 1600
* <i>Rumex crispus</i> L.	Labada	-	H	5-8	L7	AÖP 1570
* <i>Rumex nepalensis</i> Spreng.	Dibikızıl	-	H	5-8	L9	AÖP 1611
Caryophyllaceae						
* <i>Atocion compactum</i> (Fisch. ex Hornem.) Tzvelev	Kanlıbasıraotu	-	H	5-8	L5	AÖP 1554
* <i>Petrorhagia prolifera</i> (L.) P.W.Ball & Heywood	Çerikaranfilisi	-	Th	6-8	L9	AÖP 1610
* <i>Rabdelera holostea</i> (L.) M.T.Sharples & E.A.Tripp	Urgancık	-	H	3-6	L9	AÖP 1597
* <i>Silene gallica</i> L.	Serçeçeği	-	Th	4-6	L9	AÖP 1598

Çizelge 3. devamı

Takson adı	Türkçe adı	Fitocoğrafik bölge	Hayat formu	Çiçeklenme periyodu	Lokasyon	Toplayıcı numarası
KLAD 6. ASTERIDS						
Cornaceae						
* <i>Cornus sanguinea</i> L. subsp. <i>australis</i> (C.A.Mey.) Jáv.	Kansığdiren	Avr-Sib	Ph	5-6	L2	AÖP 1501
Primulaceae						
* <i>Cyclamen coum</i> Mill. var. <i>coum</i>	Yersomunu	-	Cr	2-5	L9	AÖP 1591
* <i>Lysimachia arvensis</i> (L.) U.Manns & Anderb. var. <i>arvensis</i>	Farekulağı	-	Th	4-9	L9	AÖP 1590
* <i>Lysimachia verticillaris</i> Biehler	Hilalkargaotu	Hır-Kar	Cr	6-9	L2	AÖP 1467
* <i>Primula acaulis</i> (L.) L. subsp. <i>acaulis</i>	Çuhaçiçeği	Avr-Sib	H	3-6	L2	AÖP 1477
* <i>Primula acaulis</i> (L.) L. subsp. <i>rubra</i> (Sm.) Greuter & Burdet	Evvelbaharçiçeği	Kar	H	3-5	L2	AÖP 1478
Ericaceae						
* <i>Arbutus andrachne</i> L.	Sandalağacı	-	Ph	3-5	L5	AÖP 1552
* <i>Arbutus unedo</i> L.	Kocayemiş	-	Ph	10-11	L10	AÖP 1639
* <i>Erica arborea</i> L.	Funda	-	Ph	3-7	L5	AÖP 1561
* <i>Rhododendron luteum</i> Sweet	Zifin	Kar	Ph	4-9	L2	AÖP 1487
* <i>Rhododendron ponticum</i> L.	Kumar	Kar	Ph	3-8	L5	AÖP 1555
* <i>Vaccinium arctostaphylos</i> L.	Likarpa	Kar	Ph	5-7	L2	AÖP 1486
Aquifoliaceae						
* <i>Ilex colchica</i> Pojark.	Işılğan	Kar	Ph	6-7	L1	AÖP 1457
Rubiaceae						
* <i>Galium odoratum</i> (L.) Scop.	Ormaniplikçiği	Avr-Sib	Cr	5-7	L7	AÖP 1576
* <i>Galium rivale</i> (Sm.) Griseb.	Boyluca	Avr-Sib	H	6-8	L9	AÖP 1615
* <i>Rubia peregrina</i> L.	Yabanikökboya	Akd	H	6-7	L5	AÖP 1533
Gentianaceae						
* <i>Blackstonia perfoliata</i> (L.) Hudson subsp. <i>perfoliata</i>	Delişıra	-	Th	4-8	L4	AÖP 1523
* <i>Centaurium erythraea</i> Rafn subsp. <i>erythraea</i>	Kırmızıkantaron	Avr-Sib	H	5-8	L10	AÖP 1621
* <i>Centaurium tenuiflorum</i> (Hoffmanns. & Link) Fritsch subsp. <i>acutiflorum</i> (Schott) Zeltner	Sivrigelindüğmesi	-	Th	6-8	L5	AÖP 1538
Apocynaceae						
* <i>Vincetoxicum hirundinaria</i> Medik. subsp. <i>adriaticum</i> (Beck) Markgr.	Kuşgavurbiberi	-	H	5-6	L1	AÖP 1448
Boraginaceae						
* <i>Aegonychon purpureoaceruleum</i> (L.) Holub	Göktaşkesen	Avr-Sib	H	5-7	L9	AÖP 1602
* <i>Buglossoides arvensis</i> (L.) I.M.Johnst. subsp. <i>arvensis</i>	Tarlataşkeseni	Avr-Sib	Th	2-6	L10	AÖP 1630
* <i>Echium angustifolium</i> Mill.	Agres	Doğu Akd	H	5-8	L3	AÖP 1505
* <i>Echium vulgare</i> L.	Engerekotu	Avr-Sib	H	6-9	L6	AÖP 1564
* <i>Trachystemon orientalis</i> (L.) D.Don	Kaldirik	Kar	Cr	3-5	L9	AÖP 1588
Oleaceae						
* <i>Ligustrum vulgare</i> L.	Kurtbağrı	Avr-Sib	Ph	6	L4	AÖP 1519
Plantaginaceae						
* <i>Plantago lanceolata</i> L.	Damarlıca	-	H	4-10	L2	AÖP 1473
* <i>Plantago major</i> L. subsp. <i>major</i>	Sinirotu	-	H	6-8	L10	AÖP 1640
* <i>Veronica chamaedrys</i> L.	Cancan	Avr-Sib	Cr	4-7	L7	AÖP 1579
* <i>Veronica filiformis</i> Sm.	Telmaviş	Hır-Kar	H	3-8	L2	AÖP 1494
* <i>Veronica magna</i> M.A.Fisch.	Tiryalmavişi	Kar	H	6-7	L1	AÖP 1395
* <i>Veronica officinalis</i> L.	Oropaçayı	Avr-Sib	H	4-8	L2	AÖP 1498
Scrophulariaceae						
* <i>Verbascum gnaphalodes</i> M.Bieb.	Usluşiğirkuyruğu	Kar	H	5-9	L9	AÖP 1616
Verbenaceae						
* <i>Verbena officinalis</i> L. var. <i>officinalis</i>	Mineçiçeği	-	H	6-8	L3	AÖP 1511
Lamiaceae						
* <i>Clinopodium acinos</i> (L.) Kuntze	Kayrakçayı	Avr-Sib	H	6	L2	AÖP 1502
* <i>Clinopodium nepeta</i> (L.) Kuntze subsp. <i>spruneri</i> (Boiss.) Bartolucci & F.Conti	Sümüklüfesleğen	Avr-Sib	H	6-10	L10	AÖP 1622
* <i>Clinopodium vulgare</i> L. subsp. <i>arundanum</i> (Boiss.) Nyman	Kamışfesleğen	-	H	6-8	L2	AÖP 1472
* <i>Galeopsis ladanum</i> L.	Kedibaşı	-	Th	7-9	L2	AÖP 1462
* <i>Lamium purpureum</i> L. var. <i>purpureum</i>	Ballıbaba	Avr-Sib	Th	3-5	L9	AÖP 1605
* <i>Mentha longifolia</i> (L.) Hudson subsp. <i>longifolia</i>	Pünk	Kar	H	6-8	L10	AÖP 1641
* <i>Prunella laciniata</i> (L.) L.	Bodurfesleğen	Avr-Sib	H	5-7	L5	AÖP 1528
* <i>Prunella vulgaris</i> L.	Gelinciklemeotu	Avr-Sib	H	5-9	L2	AÖP 1485
* <i>Salvia forskaehlei</i> L.	Dolmayaprağı	Avr-Sib	H	6-9	L1	AÖP 1454
* <i>Salvia glutinosa</i> L.	Okluşalba	Avr-Sib	H	7-10	L10	AÖP 1642
* <i>Salvia tomentosa</i> Mill.	Şalba	Akd	Ch	4-8	L5	AÖP 1541
* <i>Salvia verticillata</i> L. subsp. <i>verticillata</i>	Dadırak	Avr-Sib	H	6-8	L3	AÖP 1508
* <i>Teucrium chamaedrys</i> L. subsp. <i>chamaedrys</i>	Kısamahmut	-	Cr	6-8	L10	AÖP 1638

Çizelge 3. devamı

Takson adı	Türkçe adı	Fitocoğrafik bölge	Hayat formu	Çiçeklenme periyodu	Lokasyon	Toplayıcı numarası
Orobanchaceae						
* <i>Melampyrum arvense</i> L.	İnekbuğdayı	Avr-Sib	Th	5-9	L4	AÖP 1516
<i>Orobanche lutea</i> Baumg.	Sarıcanavarotu	-	VP	6-7	L7	AÖP 1575
<i>Orobanche minor</i> Sm.	Göveotu	-	VP	4-6	L9	AÖP 1614
Convolvulaceae						
* <i>Convolvulus arvensis</i> L.	Tarlasarmaşığı	-	H	4-9	L8	AÖP 1583
Campanulaceae						
* <i>Campanula glomerata</i> L. subsp. <i>hispida</i> (Witasek) Hayek	Yumakçanı	Avr-Sib	H	6-9	L5	AÖP 1531
* <i>Campanula rapunculus</i> L. subsp. <i>lambertiana</i> (A.DC.) Rech.f.	Sidikliçağançiçeği	-	H	5-7	L1	AÖP 1456
Asteraceae						
* <i>Achillea biserrata</i> M.Bieb.	Aksırıkotu	Kar	H	5-8	L6	AÖP 1565
* <i>Bellis perennis</i> L.	Koyungözü	Avr-Sib	H	3-8	L2	AÖP 1492
* <i>Carlina vulgaris</i> L.	Delidomuzdikeni	-	H	6-8	L10	AÖP 1620
* <i>Centaurea iberica</i> Trev. ex Sprengel	Deligözdikeni	-	H	6-8	L8	AÖP 1580
* <i>Cichorium intybus</i> L.	Hindiba	-	H	4-9	L8	AÖP 1581
* <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Köygöçüren	-	H	5-10	L8	AÖP 1582
* <i>Cirsium hypoleucum</i> DC.	Vişnekangalı	Avr-Sib	H	5-9	L1	AÖP 1460
* <i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	Yaygımkangal	-	H	7-10	L10	AÖP 1637
* <i>Dichrocephala integrifolia</i> (L.f.) Kuntze	Kırtıkotu	Egzotik	Th	6-9	L7	AÖP 1578
* <i>Erigeron floribundus</i> (Kunth) Sch.Bip.	Akçakalotu	Egzotik	Th	9	L10	AÖP 1644
* <i>Eupatorium cannabinum</i> L.	Koyuntırpağı	Avr-Sib	H	7-10	L10	AÖP 1626
* <i>Jacobaea aquatica</i> (Hill) G.Gaertn., B.Mey. & Scherb.	Sukanaryaotu	-	H	6-10	L10	AÖP 1645
* <i>Jurinea consanguinea</i> DC.	Geyikgöbeği	-	H	5-8	L9	AÖP 1601
* <i>Lapsana communis</i> L. subsp. <i>intermedia</i> (M.Bieb.) Hayek	Şebrek	-	H	5-10	L5	AÖP 1563
* <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	Aypapatya	Avr-Sib	H	7-8	L5	AÖP 1530
* <i>Petasites hybridus</i> (L.) G.Gaertn., B.Mey. & Scherb.	Kabalak	Avr-Sib	Cr	5-6	L5	AÖP 1550
* <i>Pilosella piloselloides</i> (Vill.) Soják subsp. <i>magyarica</i> (Peter) S.Bräut & Greuter	Daztırnakotu	-	H	5-8	L5	AÖP 1548
* <i>Pulicaria dysenterica</i> (L.) Bernh. subsp. <i>dysenterica</i>	Yaraotu	-	H	7-9	L10	AÖP 1633
* <i>Tagetes minuta</i> L.	Kokarot	Egzotik	Th	5-10	L10	AÖP 1646
* <i>Tanacetum parthenium</i> (L.) Sch.Bip.	Beyazpapatya	-	H	5-9	L3	AÖP 1504
* <i>Taraxacum macrolepium</i> Schischk.	Karsçılığı	-	H	4-7	L10	AÖP 1634
* <i>Tragopogon porrifolius</i> L.	Yemil	Akd	H	4-8	L5	AÖP 1544
* <i>Tripleurospermum tenuifolium</i> (Kit.) Freyn	Saçaklıbeyunik	Avr-Sib	H	5-7	L2	AÖP 1466
Araliaceae						
* <i>Hedera colchica</i> (K.Koch) K.Koch	Karasarmaşık	Kar	Ph	8-9	L7	AÖP 1577
Apiaceae						
* <i>Daucus carota</i> L.	Yabanıhavuç	-	H	4-8	L4	AÖP 1522
* <i>Eryngium campestre</i> L. var. <i>virens</i> (Link) Weins	Yerkestanesi	-	H	7-9	L10	AÖP 1623
* <i>Pastinaca sativa</i> L. subsp. <i>urens</i> (Req. ex Godr.) Çelak.	Şekerhavucu	-	H	7-8	L10	AÖP 1624
* <i>Sanicula europaea</i> L.	Sanikel	Avr-Sib	H	5-8	L9	AÖP 1589
* <i>Torilis arvensis</i> (Huds.) Link subsp. <i>arvensis</i>	Dercikotu	-	H	6-8	L9	AÖP 1612
* <i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm.	Karaheci	-	Th	4-6	L2	AÖP 1495
Viburnaceae						
* <i>Sambucus ebulus</i> L.	Mürverotu	-	H	7-8	L10	AÖP 1636
Caprifoliaceae						
* <i>Lonicera periclymenum</i> L.	Çobanasması	Egzotik	Ch	5-8	L10	AÖP 1643
* <i>Knautia involucrata</i> Sommier & Levier	Delieşekkulığı	Kar (dağ)	H	7-8	L10	AÖP 1628
* <i>Valeriana alliariifolia</i> Vahl	Pisot	-	H	6-8	L2	AÖP 1503

* Arazi çalışmaları sırasında arı bitkisi olarak tespit edilen taksonlar. Akd: Akdeniz, Avr-Sib: Avrupa-Sibirya, Ch: Chamaephyte, Cr: Cryptophyte, Kar: Karadeniz, H: Hemicryptophyte, Hir-Kar: Hirkan-Karadeniz, İr-Tur: İran-Turan, L: Lokasyon, Ph: Phanerophyte, Th: Therophyte, VP: Vasküler Parazit.

Çalışma sonucunda, Pteridophyta ve Spermatophyta bölümlerine ilişkin 63 familyaya ait toplam 216 takson tespit edilmiştir. Pteridophyta bölümü 4 takson (%1,8), Spermatophyta bölümü 212 (%98,2) taksonla temsil edilmektedir. Spermatophyta bölümü dahilinde Gmynospermae alt bölümü 3 taksonla %1,4, Angiospermae alt bölümü ise 209 taksonla %96,8'lik orana sahiptir.

Çalışmada tespit edilen taksonlardan 103 (%47,7) adedinin fitocoğrafik bölgesi belirlenmiştir (Çizelge 3). Bu taksonlardan 86 (%39,8)'sı Avrupa-Sibirya, 17 (%7,9)'si

Akdeniz elementidir. Fitocoğrafik bölgesi belirlenemeyen veya geniş yayılışlı olan 113 takson ise %51,8 oranına sahiptir.

Çalışma alanının Avrupa-Sibirya bitki coğrafyası bölgesinde bulunmasının sonucu olarak Avrupa-Sibirya kökenli taksonların baskınlığı göze çarpmaktadır.

Araştırma alanında saptanan bitki taksonlarının hayat formları Şekil 2'de verilmiştir. Hemicryptophyte karakterli 105 (%48,6) taksonun ardından sırası ile 44 (%20,4) taksonla Phanerophyte, 34 (%15,7) taksonla Therophyte, 21 (%9,8)

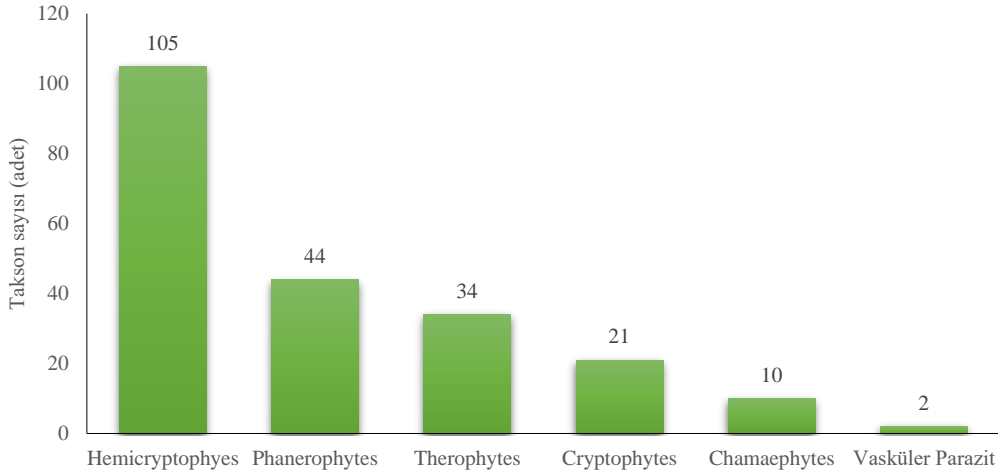
taksonla Cryptophyte, 10 (%4,6) taksonla Chamaephyte ve 2 (%0,9) taksonla vasküler parazitler gelmektedir.

Araştırma sonucunda tespit edilen 63 familya takson sayısı bakımından değerlendirilmiştir (Şekil 3). 216 taksondan %47 (103 takson)'si Fabaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Rosaceae, Poaceae, Plantaginaceae, Apiaceae ve Ericaceae familyalarına aittir. Takson zenginliği açısından bakıldığında ilk üç sırada yer alan Fabaceae (29), Asteraceae (23) ve Lamiaceae (13) Türkiye florası ile benzerlik göstermektedir.

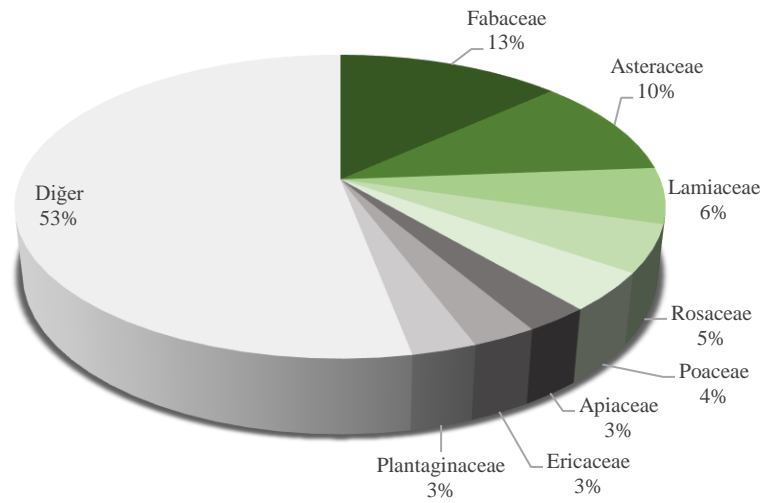
Abana ve Bozkurt kestane ormanlarında yapılan floristik çalışmalar sonucunda tespit edilen 216 taksondan, 195 (%90)'inin arılar tarafından ziyaret edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4). En fazla arı bitkisine sahip familyalar sırasıyla; 29 takson (%13) ile Fabaceae, 23 takson (%10) Asteraceae, 13 takson (%6) Lamiaceae, 11 takson (%5) Rosaceae, 6 takson (%3) ile Ericaceae, Apiaceae ve Plantaginaceae'dir. Bu familyaların içerdikleri tüm taksonların arı bitkisi olduğu yapılan arazi çalışmaları sırasında gözlemlenmiştir. Arazi çalışmaları süresince arıların ziyaret ettiği belirlenen bazı bitkilere ait fotoğraflar Şekil 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Taksonların fitocoğrafik bölgelere göre sayısal ve oransal dağılımları

Fitocoğrafik Bölge	Takson sayısı	Oran (%)	Takson sayısı
Avrupa-Sibirya	63	29,2	
Karadeniz element	18	8,3	
Karadeniz (dağ) element	2	0,9	86
Hırcan-Karadeniz element	3	1,4	
Akdeniz	11	5,1	
Doğu Akdeniz	5	2,3	17
Omni-Akdeniz	1	0,5	
Ara toplam	103	47,7	103
Diğer	113	52,3	113
Toplam	216	100	216



Şekil 2. Saptanan taksonların hayat formları dağılımı



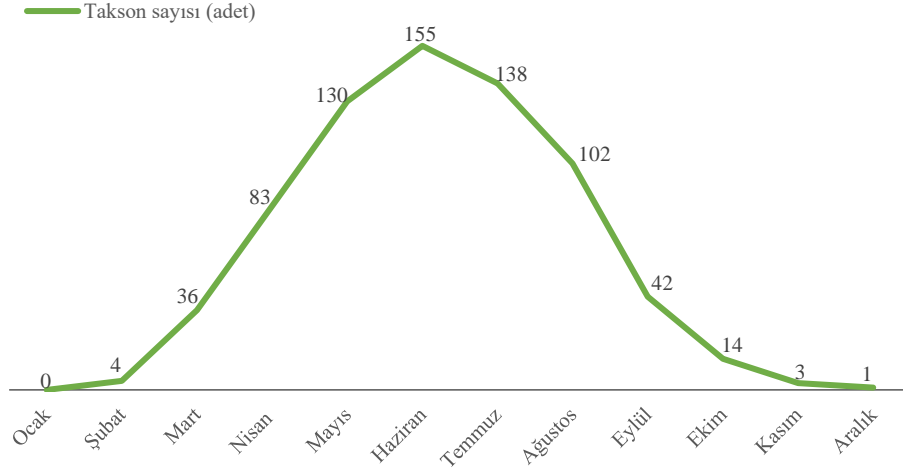
Şekil 3. Tespit edilen taksonların familyalara dağılımı



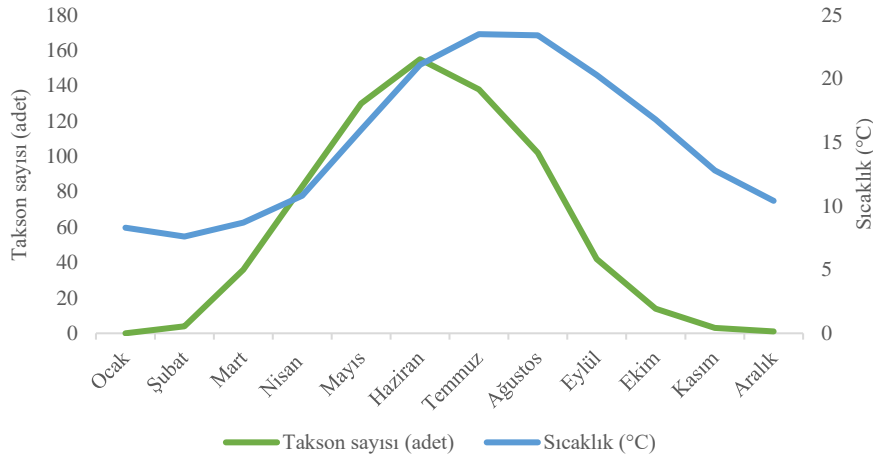
Şekil 4. Arılar tarafından ziyaret edilen bazı taksonlar. a: : *Clematis vitalba*, b: *Trifolium pratense* subsp. *pratense*, c: *Castanea sativa*, ç: *Echium angustifolium*, d: *Lotus graecus*, e: *Rubus canescens*, f: *Daucus carota*, g: *Cirsium arvense*, h: *Clinopodium vulgare* subsp. *arundanum*, i: *Centaurea iberica*, i: *Trifolium campestre*, j: *Tilia tomentosa*.

Çalışma alanında saptanan arı bitkilerin çiçeklenme periyotları Şekil 5'teki gibidir. Bu taksonların çiçeklenme döneminin çoğunlukla Nisan ve Eylül ayları arasında oldukça uzun bir zaman aralığında gerçekleşmekte olduğu tespit edilmiştir. Araştırma alanı için en fazla çiçekli takson Haziran ayında görülmektedir. Bölgenin zengin bitki örtüsü ve uzun çiçeklenme periyotlarına sahip olması, üretilen balların nektar ve polen içeriğinin zengin olmasını sağlamaktadır.

Bal arıları, hava sıcaklığının 12-13°C'lere ulaşmasıyla aktif hale gelmektedirler (Korkmaz, 2015). Sıcaklığa bağlı olarak arılar Mayıs ayında nektar ve polen toplamaya başlarlar. Çalışma alanı için çiçeklenme en fazla Haziran ayındadır ve çiçekli takson sayısı ile sıcaklık değerleri yakından ilişkilidir. Araştırma alanında arı faaliyetleri sıcaklıkla bağlantılı olarak Mayıs-Ekim ayları arasında gerçekleşmektedir (Şekil 6).



Şekil 5. Araştırma alanında saptanan arı bitkilerinin çiçeklenme periyodu



Şekil 6. Sıcaklık ve taksonların çiçeklenme periyodu arasındaki ilişki

Ormanlar ve orman içi açıklıklar, arıcılar için genel olarak faaliyetlerini sürdürdükleri uygun ortamlardır. Özellikle orman ağaçlarından bazıları (kestane ve çam gibi) arıcılık için oldukça değerlidir (OGM, 2018). Ayrıca orman içi açıklıkların barındırdığı zengin otsular ve çalı türleri, arılar için önemli birer polen ve nektar kaynağıdır. Kastamonu, yüzölçümünün yaklaşık %65'inin ormanlarla kaplı olması ile orman varlığı bakımından ülkemizde ilk sıralarda yer almaktadır (OGM, 2021). Sahip olduğu geniş orman sahaları ve bu ormanların barındırdığı zengin bitki örtüsü, bölgenin arıcılık için oldukça uygun ekosistemlere sahip olduğunun göstergesidir. 2022 yılı verilerine göre yıllık bal üretimi açısından Ordu ili 19.098 ton ile ilk sırada yer almaktadır. Ordu'dan sonra sırası ile Adana (12.646 ton), Muğla (6.578 ton) ve Sivas (6.079 ton) illeri gelmektedir. Kastamonu ise yıllık 359 ton bal üretimi ile ne yazık ki listenin son sıralarında yer almaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022). Ordu ile benzer ekolojik koşullara ve bitki örtüsüne sahip bölge için yıllık bal üretimi açısından bu denli farklılığın olması, araştırma alanını içine alan Kastamonu'da arıcılık faaliyetlerine gereken önemin gösterilmediğinin bir kanıtıdır.

4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışma ile Abana-Bozkurt (Kastamonu) yörelerinde bulunan doğal kestane ormanlarının arıcılık açısından zengin bir floristik içeriğe sahip olduğu ortaya konulmuştur. Doğal kestane ormanlarında yürütülen bu çalışmada, 63 familyaya ait 216 takson tespit edilmiştir. Yapılan arazi çalışmaları sırasında arıların ziyaret ettiği bitkiler gözlemlenmiş ve 216 taksondan 195 (%90)'nin arı bitkisi olduğu belirlenmiştir. Saptanan taksonların ayrıca çiçeklenme periyotlarının belirlenmesi ile Nisan ve Eylül ayları arasındaki dönemin arıcılık açısından en uygun zamanlar olduğu ortaya konulmuştur.

Kastamonu, arıcılık açısından önemli zengin bir biyoçeşitliliğe sahipken; yıllık bal üretim miktarları göz önüne alındığında bölgede arıcılığın henüz istenilen noktaya ulaşmadığı görülmektedir. Sonuç olarak mevcut bitki potansiyelinden faydalanabilmek ve bölgede arıcılığın geliştirilmesi için yöre halkına, arıcılık ve arı bitkileri ve aynı zamanda arıcılık faaliyetinde önemli bir yere sahip olan tıbbi ve aromatik bitkilerin çiçeklenme zamanları konularında eğitimler verilmelidir. Ayrıca yöre halkının arıcılığa eğilimini artırarak ormanlardan çok yönlü faydalanma sağlanmalıdır.

Açıklama

Bu çalışma, Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından KU-BAP 01/2020-61 nolu proje ile desteklenmiştir. Arazi çalışmalarındaki desteklerinden dolayı Bozkurt Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Bozkurt Orman İşletme Şefliği ve Abana Orman İşletme Şefliği çalışanlarına teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Chase, M.W., Christenhusz, M., Fay, M., Byng, J., Judd, W.S., Soltis, D., Soltis, P.S., Stevens, P.F., 2016. An Update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1): 1-20.
- Christenhusz, M.J.M., Byng, J.W., 2016. The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3): 201-217.
- Crane, E., 1975. *Honey: A Comprehensive Survey*. Heinemann, London.
- Davis, P.H., 1965-1985. *Flora of Turkey and East Aegean Islands*. Vol. 1-9, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Davis, P.H., Tan, K., Mill, R.R., 1988. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Suppl. I)*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Doğanay, H., Coşkun, O., 2012. *Tarım Coğrafyası*. Pegem Akademi Yayınları, Ankara.
- Günaydın, G., 2007. *Avrupa Birliği Kırsal Kalkınma Politika Transferi Analizi: Türkiye'de Kalkınma Planlarının Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisi*. Tarım ve Mühendislik, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Yayın Organı, Sayı:80/2007, ISSN-1300-0071, Ankara.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Başer, K.H.C., 2000. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Suppl. II)*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T., 2012. *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayınları, İstanbul.
- Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Ekşi, G., Güner, I., Çimen, A.Ö., 2022. *Resimli Türkiye Florası Cilt 3a. ANG Vakfı Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları*, İstanbul.
- Koday, S., 2005. *Doğu Anadolu Bölgesinde Hayvancılık*. Atatürk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- Koday, Z., Karadağ, H., 2019. Türkiye'de Bal ormanlarının gelişimi ve bölgesel dağılımı (2007-2018). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(3):1227-1242.
- Korkmaz, A., 2015. *Bal Arısı Polinasyonu*. Samsun Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü Yayını, Samsun.
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü), 2013. *Bal Ormanı Eylem Planı 2013-2017*. Ankara.
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü), 2018. *Bal Ormanı Eylem Planı 2018-2023*. Ankara.
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü), 2021. *Türkiye Orman Varlığı*. OGM Ofset, Ankara.
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü), 2022. *Bal ormanları*. <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz/bal-ormanlari>, Erişim: 06.04.2023.
- Özcan, F., 2011. Göller Bölgesi'nde arı ürünlerinin pazar ve pazarlama sorunları, uygulanabilecek pazarlama stratejileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Parlakay, O., Yılmaz, H., Yaşar, B., Seçer, A., Bahadır, B., 2008. Türkiye'de arıcılık faaliyetinin mevcut durumu ve trend analizi yöntemiyle geleceğe yönelik beklentiler. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2):17-24.
- POWO (Plants of the World Online), 2023. *Royal Botanic Gardens KEW, Plants of the World Online*. <https://powo.science.kew.org/>, Accessed: 28.03.2023.
- PPG I, 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution*, 54(6): 563-603.
- Raunkiaer, C., 1934. *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford University Press, London.
- Saner, G., Adanacıoğlu, H., Haseeri, Z., 2018. Türkiye bal arzı ve talebi için öngörü. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 24(1): 43-52.
- Sıralı, R., Maraz, Z., Aksoy, D., 2018. Türkiye arıcılığının 1935 yılından 2015 yılına kadar değerlendirilmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 18(1): 52-62.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022. *Türkiye İller Bazında Arıcılık İstatistikleri*. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/aricilik/Link/2/Arıcılık-Istatistikleri>, Erişim: 29.03.2023.
- TDMS, 2022. *Türkiye Devlet Meteoroloji Servisi Bülteni*.
- Vural, H., 2008. Türkiye'de bal üretimi ve pazarlaması. 1. Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi, 25- 27 Kasım, Muğla, s. 223-232.
- Yaşar, N., Karataş, Ü., 2012. Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye'de arıcılık. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 4(7): 21-23.

Aras Nehri boyunca yayılış gösteren kara kavak popülasyonlarının genetik yapısı

Asiye Uluğ^{a,*}, Funda Özdemir Değirmenci^b

Özet: Kara kavak Türkiye'nin Doğu ve İç Anadolu bölgelerinde yayılış gösteren ve odun üretiminde yoğun bir şekilde kullanılan ekonomik açıdan önemli bir ağaç türüdür. Tüm dünyada ıslah programlarında ham madde üretimi için model organizma olarak kullanılmasının yanı sıra çevresel plastisitesi ve biyoçeşitliliğe sağladığı katkı vasıtasıyla başta Avrupa olmak üzere tüm dünyada doğal popülasyonları ve plantasyonları yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Doğal olarak yayılış gösterdikleri nehir kıyılarında tarla açma ve hidroelektrik santrali kurma gibi insan faaliyetlerinin artmasına paralel olarak türün habitatu günden güne azalmakta ve türün devamlılığı tehdit edilmektedir. Bu çalışmada Aras nehri boyunca yayılış gösteren kara kavak popülasyonlarındaki bireylere 16 mikrosatellit markör ile genetik kimlik verilmiştir. Popülasyonlar içerisinde yüksek oranda beklenen ve gözlenen heterozigotluk bulunmuştur. Aras nehrinin Iğdır-Kars ve Erzurum-Kars arasındaki kısımlarından örneklenen popülasyonların iki genetik gruptan köken aldığı açığa çıkarılmıştır. Bu iki genetik grup arasında yüksek oranda gen akışı sebebiyle düşük oranda genetik farklılaşma olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen genetik veriler Aras nehri boyunca yayılış gösteren kara kavak popülasyonları için *in-situ/ex-situ* koruma programlarının geliştirilmesinin yanı sıra tür ile gerçekleştirilecek ıslah programlarında da kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Kara kavak, Aras Nehri, Mikrosatellit, Genetik parmak izi, Gen akışı

Genetic fingerprinting of black poplar trees in the Aras River

Abstract: Black poplar is an economically important tree species that spreads in the Eastern and Central Anatolian regions of Türkiye and is used extensively in wood production. In addition to being used as a model organism for raw material production in breeding programs all over the world, its natural populations and plantations are used extensively, especially in Europe, due to its environmental plasticity and contribution to biodiversity. The habitat of the species is decreasing day by day and the continuity of the species is threatened in parallel with the increase in human activities such as planting fields and establishing hydroelectric power plants on the riverbanks where they naturally spread. In this study, genetic identity was given to individuals in black poplar populations distributed in the Aras River with 16 microsatellite markers. A high level of expected and observed heterozygosity was found in the populations. It turned out that the populations sampled from the sections of the Aras River between Iğdır-Kars and Erzurum-Kars originated from two genetic groups. It has been observed that there is a low rate of genetic differentiation between these two genetic groups due to high gene flow. The genetic data obtained can be used in the development of *in-situ/ex-situ* conservation programs and breeding programs for black poplar populations distributed in the Aras River.

Keywords: Black poplar, Aras River, Microsatellite, Genetic fingerprint, Gene flow

1. Giriş

Kara kavak (*Populus nigra*) boyu 40 m ye çapı 200 cm'e kadar ulaşan, hızlı gelişen ve yaprak dökken bir ağaç türüdür. Aigeiros seksiyonuna ait olan kara kavak Avrupa, Kuzey Afrika, Orta ve Batı Asya'da nehir kıyıları boyunca yayılış göstermektedir (eFloras, 2022). Tür Türkiye'de Doğu ve İç Anadolu bölgeleri başta olmak üzere nehir kıyılarında bireysel ağaçlar ya da popülasyonlar şeklinde yayılmaktadır (Velioğlu vd., 2020). İki evcikli olan bu ağaç türünün polenleri ve tohumları rüzgâr ve su vasıtasıyla çok uzak mesafelere taşınabilir (Tabbener ve Cottrell, 2003). Kara kavak, diğer kavak türleriyle kolayca hibritleşmesi ve vejetatif rejenerasyon kapasitesi sayesinde dünyanın farklı bölgelerinde ıslah programlarında ve biyoenerji ve hammadde üretiminde model ağaç olarak kullanılmaktadır (Vanden Broeck, 2003). Çevresel plastisitesi sayesinde, kimyasal atıkların bulunduğu endüstriyel alanlarda toprağı

temizlemek için ağaçlandırması yapılan bu tür birçok böceğe, küçük memeliye ve kuş türüne ev sahipliği yaptığı için biyoçeşitliliğe büyük oranda katkıda bulunmaktadır (Jelic vd., 2015). Ayrıca yüksek su seviyelerine toleransı, toprak stabilizasyonu ve su havzalarını koruması sayesinde özellikle nehir kıyısındaki ormanlık alanların öncü ağacı olarak kabul edilmektedir (Smulders vd., 2008). Antropojenik etkiler nedeniyle türün habitatının bozulması ve yok olması ayrıca egzotik kavak türleriyle doğal olarak hibritleşmesi yüzünden bu tür Avrupa'da ve Türkiye'de en çok tehdit edilen ağaç türlerinden biri olmuştur. Plantasyonlara ekilen hibrit türlerin tohumla veya vejetatif materyaller vasıtasıyla çoğalması bu türün kendi habitatında yayılmasını engellemekte ve türün gen havuzunun günden güne daralmasına yol açmaktadır (EUFORGEN, 2022).

2020 yılı verilerine göre yaklaşık 19 milyon metreküp odun Tarım ve Ormanlık Bakanlığının tahsis ettiği 22,6 milyon hektarlık orman arazisinden üretilmiştir. 22,6 milyon

✉ ^a Kafkas Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kars, Türkiye

^b Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir, Türkiye

✉ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): asya.ulug@kafkas.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.03.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 03.05.2023



Citation (Atıf): Uluğ, A., Özdemir Değirmenci, F., 2023. Aras Nehri boyunca yayılış gösteren kara kavak popülasyonlarının genetik yapısı. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 80-84. DOI: [10.18182/tjf.1261601](https://doi.org/10.18182/tjf.1261601)

hektarin yaklaşık %25'i *Pinus brutia* ve *Populus tremula* gibi hızlı büyüyen türlerin doğal meşcerelerinden oluşmaktadır. Doğal meşcerelere ek olarak Türkiye'de yaklaşık 145.000 hektar kavak plantasyonunun var olduğu bilinmektedir. Bu plantasyonların yaklaşık yarısını yıllık kavak odun üretiminin %43'ünü sağlayan kara kavak oluşturmaktadır (Birler, 2010). Türkiye'de her ne kadar hızlı büyüyen ağaç türlerin üretimi yılda yaklaşık 9,3 milyon metreküp olarak tahmin edilse de ham ağaç malzeme sıkıntısı olduğu için orman endüstrilerinin taleplerini karşılamak için Türkiye odun ithalatına başlamıştır (Velioğlu vd., 2020). Artan odun talebi ülkemizin sahip olduğu kavak genetik kaynaklarının doğru bir şekilde ıslah programlarında kullanılmasıyla karşılanabilir.

Türün ülkemizdeki genetik çeşitliliğinin açığa çıkarılması için Göksu ve Kızılırmak nehirlerinden örneklenen doğal kara kavak popülasyonları mikrosatellit DNA markörleri kullanılarak çalışılmıştır (Çiftçi vd., 2017; Çiftçi ve Kaya, 2019). Bu çalışmaların sonuçları kara kavak popülasyonlarında antropojenik etki, genetik darboğaz ve egzotik türlerle gerçekleşen hibritleşme olaylarından kaynaklı genetik çeşitlilikte ciddi seviyede bir azalma olduğunu açığa çıkarmıştır. Türün ülke genelinde doğal yayılış gösterdiği diğer habitatlarındaki genetik çeşitliliğinde açığa çıkarılarak türün etkin bir şekilde kullanılması ve korunması için gerekli koruma programların başlatılması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı ülke genelinde kara kavakların en çok yayılış gösterdiği yerlerden biri olan Doğu Anadolu bölgesinde yer alan Aras nehri boyunca örneklenen Iğdır ve Erzurum kara kavak popülasyonlarındaki bireylerin genetik parmak izini 16 nükleer mikrosatellit markörü kullanarak açığa çıkarmaktır. Ayrıca nehir boyunca yayılış gösteren popülasyonların genetik çeşitliliğini açığa çıkararak sürdürülebilir ıslah ve *in-situ/ex-situ* koruma programları için genetik veri üretmekte çalışmanın amaçlarındandır.

2. Materyal ve yöntem

Aras nehrinin Iğdır-Kars arasında yer alan kısmından 17, Erzurum-Kars arasında yer alan kısmından ise 16 *P. nigra* ağacı Iğdır ve Erzurum popülasyonlarını temsil edecek şekilde örneklenmiştir. Örneklenen her ağaç arasında aynı genotipin klonunu örneklememek adına en az 500 m mesafe belirlenmiştir. Her bir ağaçtan taze yaprak örnekleri alınarak DNA izolasyonu yapılarak silika jeller içerisinde muhafaza edilmiştir. Yaprak örneklerinden DNA izolasyonu CTAB metodu ile gerçekleştirilmiştir (Doyle ve Doyle, 1990). İzole edilen DNA'ların konsantrasyonu ve kalitesi BIODROP spektrofotometre ile ölçülmüştür. Çalışılan her markör için PCR karışımı ve PCR koşulları Çiftçi ve Kaya (2019)'un çalışması referans alınarak yapılmıştır. Elde edilen PCR ürünleri amplifikasyon başarısını açığa çıkarmak için %3' lük agaroz jelde yarım saat 100V' da yürütülmüştür. PCR ürünlerinin fragment analizi BM Labosis (Ankara) şirketine hizmet alımı karşılığında yaptırılmıştır. Çalışılan mikrosatellit bölgelerinin sahip olduğu aleller Peak Scanner v2.0 (Applied Biosystems) yazılımı ile belirlenmiştir. Kavaklarda tohumla üremenin yanı sıra vejetatif yolla üreme de sıklıkla görüldüğü için örneklenen ağaçların klon olup olmadığını açığa çıkarmak amacıyla GENCLONE 2.0 (Arnaud-Haond vd., 2007) programı kullanılmıştır. Alel verileri GENALEX 6.503 (Peakall ve Smouse, 2012) programına göre düzenlenerek bu program vasıtasıyla genetik çeşitlilik analizi yapılmıştır. STRUCTURE v2.3.4 (Pritchard vd., 2000) ve Minimum Spanning Network (MSN)

(Kamvar vd., 2014) programları da kullanılarak çalışılan kara kavak bireylerinin genetik yapısı ve bireylerin birbirine olan genetik yakınlıkları belirlenmiştir. MSN analizi bireylerin alelik çeşitlilikleri baz alınarak aralarındaki genetik mesafeye göre yapılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Aras nehri boyunca örneklenen 33 kara kavak ağacından yüksek konsantrasyon ve kalitede DNA izole edilmiştir. PCR amplifikasyonu çalışılan her markör bölgesi için başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Tüm lokuslar %100 oranında polimorfik bulunmuştur. Çalışılan tüm bireyler için 16 mikrosatellit bölgesi kullanılarak genetik parmak izi çıkarılmıştır. Bireylerin multilokus genotip yapıları Ek Çizelge' de verilmiştir. Vejetatif olarak üreyen kavak türlerinde klonal çoğalma çok sık rastlanılan bir durum olmasına karşın bu çalışmada örneklenen ağaçlardan herhangi birinin klonu iki kez örneklenmemiştir. Bu da örneklemenin doğru bir şekilde yapıldığını göstermektedir.

PMGC93 lokusu en düşük alel sayısına (2) sahipken PMGC2163, PMGC14 ve PMGC28 lokusları en yüksek alel sayısına (7) sahiptir. Iğdır popülasyonundaki üçüncü birey yedi lokusta (WPMS20, WPMS04, WPMS07, WPMS18, PMGC14, PMGC21) özgün alel taşıdığı için popülasyon içerisinde en fazla farklılaşma gösteren birey olarak bulunmuştur. Erzurum popülasyonunda yer alan 20. birey yedi (WPMS04, WPMS07, WPMS15, WPMS18, WPMS03, PMGC14, PMGC21), 21 ve 22 numaralı bireyler ise altı lokusta (21. Birey: WPMS04, WPMS12, WPMS14, WPMS16, PMGC21, PMGC27; 22. Birey: WPMS04, WPMS09, WPMS03, PMGC14, PMGC21, PMGC28) özgün alel taşıdıkları için popülasyonun farklılaşmasına büyük oranda katkı sağlamışlardır (Ek Çizelge 1). Bireylerin çalışılan lokuslardaki benzerlik olasılıkları (PI), WPMS05, WPMS15, WPMS16 ve PMGC93 lokusları için kritik değer olarak kabul edilen 0.20 den yüksektir (Peakall ve Smouse, 2012) (Çizelge 1). Bu lokusların dışında kalan 12 mikrosatellit lokusunun kara kavak popülasyonlarındaki genetik çeşitliliği açığa çıkarmadaki etkinliği yüksek bulunmuştur.

WPMS09, WPMS15 ve PMGC2163 lokusları tüm bireylerde heterozigot yapı göstermiştir ve gözlenen heterozigotluk oranı $H_o = 1$ olarak hesaplanmıştır. Çalışılan tüm lokuslarda gözlenen heterozigotluk oranı genel olarak yüksek bulunmuştur (Çizelge 1). Lokuslar için beklenen heterozigotluk (H_e) değeri en düşük olarak PMGC93 lokusu için 0,43 ve en yüksek PMGC28 lokusu için 0,73 olarak hesaplanmıştır. Söğütgiller familyasına mensup olan tüm ağaçlarda diploid olma ve rüzgarla tozlaşma gibi etmenler sayesinde yüksek oranda heterozigotluk gözlenmektedir (Cortan vd., 2016; Değirmenci vd., 2019). Kara kavaklarla yapılan benzer çalışmalarda da heterozigotluk çok yüksek bulunmuştur (DeWoody vd., 2015; Lewandowski ve Litkowiec, 2017). Populasyonlardaki kendileşme oranını gösteren F_{IS} değeri tüm lokuslar için negatif olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2). Negatif F_{IS} değeri populasyonlar içindeki heterozigotluğun homozigotluktan daha fazla olduğunu ve kendileşme oranının düşük olduğunu göstermektedir. Kavak türlerinde kendileşme sıkça rastlanan bir problem olmasına karşın bu çalışmada düşük oranda hesaplanmasının sebebi popülasyonlar arasında herhangi bir genetik izolasyonun olmaması sayesinde uzun mesafe dahi olsa gen akışının yüksek seviyede gerçekleşmesi olabilir

(Jelic vd., 2015). Yüksek oranda heterozigotluk genellikle rastgele eşleşmelerin olduğu küçük popülasyonlarda görülür ve doğal seleksiyon homozigot bireylere kıyasla daha yüksek hayatta kalma gücü olan heterozigot bireylerin devamlılığına katkı sağlar (Allendorf ve Luikart, 2007). Heterozigot bireylerin homozigot bireylerden daha fazla sayıda olması ve çiftleşmelerin rastgele olması çalışılan popülasyonlar içerisinde alel çeşitliliğini yükseltmek kendileşme oranının düşmesine ve daha farklı genotipte bireylerin açığa çıkmasına olanak sağlamış olabilir (Garza ve Williamson, 2001). Benzer çalışmalarda popülasyonlarda kendileşmenin görülme sebebi genetik sürüklenme ve darboğaza maruziyet sonucu genetik çeşitliliğe katkı sağlayan ama gen frekansı düşük olan alellerin kaybolmasıyla sürekli olarak yüksek frekansta bulunan aynı alelleri taşıyan bireylerin çiftleşmesi olabilir (Çiftçi ve Kaya, 2019; Değirmenci vd., 2022).

İğdır ve Erzurum popülasyonları için H_o/H_e değerleri sırasıyla 0,87/0,60 ve 0,88/0,61 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler popülasyonlar içerisinde yüksek oranda genetik çeşitliliğin olduğunu göstermektedir. (Çizelge 2). Türkiye’de çalışılan Göksu ve Kızılırmak nehirlerindeki kara kavak popülasyonlarındaki genetik çeşitlilik Aras nehriyle karşılaştırıldığında daha az bulunmuştur (Çiftçi ve Kaya, 2019). Bunun sebebi bu bölgelerde insan faaliyetlerinin daha fazla olması ve türün habitatının yüksek oranda yok edilmesiyle açıklanabilir. Aras nehri ve havzası tarım faaliyetleri ve enerji santrali kurmak amacıyla daha az tahrip edildiği için bu nehir boyunca yayılış gösteren kara kavak popülasyonundaki genetik çeşitlilik yüksek seviyede korunmuştur.

İğdır ve Erzurum popülasyonları arasındaki genetik farklılaşma değeri (F_{ST}) 0,03 ve göç eden birey sayısı 7,57 olarak hesaplanmıştır. 0,05’ten düşük olan F_{ST} değeri bu popülasyonlar arasında önemli ölçüde gen akışının olduğunu ve genetik farklılaşmanın azaldığını göstermektedir (Allendorf ve Luikart, 2007; Smulders vd., 2008). Popülasyonlar arası genetik farklılaşma gen akışının yoğun olması sebebiyle azaldığı heterozigotluk değerleri ve alel sayıları İğdır ve Erzurum popülasyonları için çok yakın bulunmuştur (Çizelge 2). Ülkemizde Göksu ve Kızılırmak

nehirlerinde yayılış gösteren kara kavak popülasyonları ile yapılan genetik çeşitlilik çalışmalarında F_{ST} değeri her iki nehir içinde 0,03 olarak bulunmuştur. İki nehir arasındaki genetik farklılaşma da yine düşük seviyede bulunmuştur ($F_{ST} = 0,06$). Benzer şekilde Smulders vd. (2008) Avrupa’da on nehirden örneklenen kara kavak popülasyonlarındaki F_{ST} değerini 0,08 olarak bildirmiştir. Bu değerler coğrafik olarak birbirine uzak olan kara kavak popülasyonları arasında insan aracılı, rüzgâr ya da su vasıtasıyla genetik materyal aktarımının çok yüksek seviyede olduğunu göstermiştir. Genetik çeşitliliğin devam ettirilebilmesi ve genetik farklılaşmanın artması için Aras Nehri’ndeki popülasyonların farklı gen kaynaklarından beslenmesi gerekmektedir. Hep aynı gen havuzundan eşleşme olduğu müddetçe genetik farklılaşmadaki azalmadan dolayı türün gen havuzu daralacaktır. Gen havuzunun genişletilmesi de farklı bölgelerde yayılış gösteren farklı genotipteki kavak ağaçlarının nehir boyunca plantasyonu ile sağlanabilir.

Popülasyonlardaki bireylerin genetik yapısına STRUCTURE programı ile bakıldığında ağaçların iki gen havuzundan köken aldıkları gözlemlenmektedir. İğdır popülasyonundaki bireyler birinci gen havuzundan orijin alırken, Erzurum popülasyonundaki bireyler ikinci gen havuzundan orijin almaktadır. 1. ve 14. bireyler İğdır popülasyonunda yer alsa da genetik olarak Erzurum popülasyonunun özelliklerini baskın olarak taşımaktadır. Benzer şekilde 19. birey Erzurum popülasyonunda yer almasına rağmen İğdır popülasyonundaki bireylerle aynı alelleri taşımaktadır. Bu iki ağaç insan aracılı veya rüzgâr ya da su aracılı materyal transferi ile bulundukları popülasyonlardan diğer popülasyona gen akışını sağlamış olabilir. Her ne kadar çoğu birey baskın olarak bir gen havuzunun özelliklerini taşısa da 2,3, 8,10 ve 20. bireyler her iki gen havuzunun da özelliklerini baskın bir şekilde göstermektedir (Şekil 1). Kavak türlerinde yaygın olarak görülen kısa ya da uzun mesafe gen akışı Aras Nehri boyunca iki popülasyonda da her iki gen havuzunun da özelliklerini gösteren bireyler oluşmasına yol açmıştır (Rathmacher vd., 2010). Bu bireyler de türün ve popülasyonların genetik çeşitliliğine katkı sağlamaktadır.

Çizelge 1. Mikrosatellit lokusları için genetik çeşitlilik parametreleri

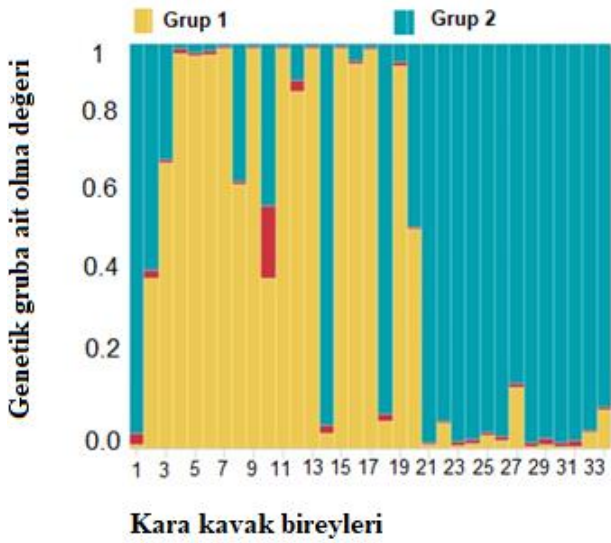
	WPM S20	WPM S04	WPM S05	WPM S07	WPM S09	WPM S12	WPM S14	WPM S15	WPM S16	WPM S18	WPM S03	PMG C14	PMG C21	PMG C27	PMG C28	PMG C93
N	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Na	5	4	4	5	5	4	5	3	3	4	6	7	7	5	7	2
Ne	3,37	2,32	1,82	2,80	2,71	2,67	3,08	2,12	2,06	2,99	2,47	3,57	3,32	2,70	3,72	1,77
PI	0,14	0,18	0,22	0,14	0,15	0,12	0,10	0,25	0,26	0,10	0,12	0,08	0,09	0,11	0,08	0,28
Ho	0,91	0,61	0,64	0,94	1,00	0,97	0,94	1,00	0,91	0,91	0,82	0,97	1,00	0,88	0,88	0,64
He	0,70	0,57	0,45	0,64	0,63	0,63	0,68	0,53	0,51	0,67	0,60	0,72	0,70	0,63	0,73	0,43
F	-0,29	-0,07	-0,41	-0,46	-0,59	-0,55	-0,39	-0,89	-0,77	-0,37	-0,38	-0,35	-0,43	-0,40	-0,20	-0,47

N: Örneklenen birey sayısı, Na: Ortalama alel sayısı, Ne: Etkin alel sayısı, PI: Benzerlik olasılığı, Ho: Gözlenen heterozigotluk, He: Beklenen heterozigotluk, F: Kendileşme katsayısı

Çizelge 2. İğdır ve Erzurum kara kavak popülasyonları için genetik çeşitlilik parametreleri

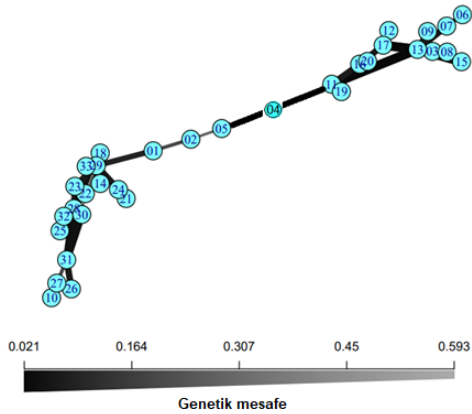
Populations	N	Na	Ne	Ho	He	F	F_{ST}	Nm
İğdır	17	4,22	2,67	0,87	0,60	-0,41		
Erzurum	18	4,48	2,69	0,88	0,62	-0,43	0,03	7,57
Ortalama	17,5	4,35	2,68	0,87	0,61	-0,42		

N: Örneklenen birey sayısı, Na: Ortalama alel sayısı, Ne: Etkin alel sayısı, Ho: Gözlenen heterozigotluk, He: Beklenen heterozigotluk, F: Kendileşme katsayısı, F_{ST} : Genetik farklılaşma, Nm: Göç eden birey sayısı



Şekil 1. Aras nehri boyunca örneklenen 33 kara kavak ağacının genetik yapı analizi

■ Aras
1-17 Iğdır popülasyonu
18-33 Erzurum popülasyonu



Şekil 2. Minimum Spanning Network genetik mesafe analiz sonuçları

Iğdır ve Erzurum popülasyonu olarak adlandırdığımız popülasyonların bireylerine bakıldığında genel olarak Iğdır-Kars arasından örneklenen bireylerin (1-17 arasındaki bireyler) genetik olarak birbirlerine daha yakın oldukları gözlenmektedir. Bu bireyler arasındaki genetik mesafe daha az hesaplanmıştır (Şekil 2). Aynı şekilde Erzurum- Kars arasından örneklenen bireyler (18-33) arası genetik mesafe daha az bulunmuştur ve bu bireyler bir küme oluşturmuştur. Bunun sebebi coğrafik olarak birbirine daha yakın olan popülasyonlar arasında yüksek oranda gen akışı olduğu için bireyler genetik olarak birbirine daha yakındır. Iğdır popülasyonundaki 10 ve 14 numaralı ağaçlar Erzurum popülasyonundaki ağaçlara genetik olarak daha yakın bulunduğu için onlarla gruplanmıştır. Benzer şekilde Erzurum popülasyonundaki 19 ve 20 numaralı ağaçlar da Iğdır popülasyonundaki ağaçlara genetik olarak benzer

oldukları için Iğdır popülasyonu içerisinde gruplanmıştır. Aynı sonuçlar genetik yapı analizinde de elde edilmiştir (Şekil 1). Coğrafik olarak birbirlerine uzak olan popülasyonlardaki belirli bireylerin genetik olarak birbirlerine daha yakın bulunmasının sebebi popülasyonlar arasında rüzgâr veya su vasıtasıyla tohum ya da vejetatif materyal transferi olabilir. Kavak popülasyonlarında uzak mesafelere bu şekilde gen akışı sıklıkla görülmektedir (Imbert ve Lefevre, 2003; Dewoody vd., 2015). Ayrıca insan aracılı vejetatif materyal transferi de bu iki bölge arasındaki gen akışına yol açmış olabilir.

4. Sonuç

Aras nehri boyunca örneklenen kara kavak ağaçlarının genetik parmak izleri ve popülasyon içindeki genetik çeşitlilik polimorfik mikrosatellit DNA markörleriyle başarılı bir şekilde açığa çıkarılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen bulguların kara kavak ile yapılacak ıslah ve koruma programları için yararlı olması beklenmektedir. Ayrıca çalışmanın yapıldığı bölge dikkate alındığında, yüksek oranda genetik çeşitlilik içeren Aras popülasyonunun ülkemizde kâğıt üretimi ve çeşitli alanlarda kullanılan kavak plantasyonları için soğuğa dirençli yeni varyetelerin geliştirilmesinde değerlendirilebileceği öngörülmektedir.

Açıklama

Bu çalışmanın deney aşamaları Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Biyolojik Bilimler Bölümünde, Prof. Dr. Zeki Kaya'nın yöneticiliğindeki Bitki Genetiği ve Doku Kültürü laboratuvarında yapılmıştır. Desteklerinden ötürü Prof. Dr. Zeki Kaya'ya teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Allendorf, F.W., Luikart, G., 2007. Conservation and the genetics of populations. Blackwell Publishing, Malden, Oxford.
- Arnaud-Haond, S., Duarte, C.M., Alberto, F., Serrao, E.A., 2007. Standardizing methods to address clonality in population studies. *Molecular Ecology*, 16: 5115–5139.
- Birler, A.S., 2010. Türkiye'de Kavak Yetiştirme (Fidanlık Ağaçlandırma Koruma Hasılat Ekonomi Odun Özellikleri). Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü Yayınları, İzmit.
- Çortan, D., Schroeder, H., Šijačić-Nikolić, M., Wehenkel, C., Fladung, M., 2016. Genetic structure of remnant black poplar (*Populus nigra* L.) populations along biggest rivers in Serbia assessed by SSR markers. *Silvae Genetica*, 65(1):12–19. <https://doi.org/10.1515/sg-2016-0002>.
- Çiftçi, A., Karatay, H., Küçükosmanoğlu, F., Karahan, A., Kaya, Z., 2017. Genetic differentiation between clone collections and natural populations of European black poplar (*Populus nigra* L.) in Turkey. *Tree Genetics and Genomes*, 13(69): 1-12.
- Çiftçi, A., Kaya, Z., 2019. Genetic diversity and structure of *Populus nigra* populations in two highly fragmented river ecosystems from Turkey. *Tree Genetics and Genomes*, 15(4): 66.
- Değirmenci, F.Ö., Acar, P., Kaya, Z., 2019. Consequences of habitat fragmentation on genetic diversity and structure of *Salix alba* L. populations in two major river systems of Turkey. *Tree Genetics & Genomes*, 15(4):59.
- Değirmenci, F.Ö., Uluğ, A., Acar, P., Kaya, Z., 2022. Genetic diversity and population structure of *Salix alba* across river systems in Turkey and their importance in conservation management. *Plant Ecology & Diversity*, 14(3): 283-291.

- DeWoody, J., Trewin, H., Taylor, G., 2015. Genetic and morphological differentiation in *Populus nigra* L: Isolation by colonization or isolation by adaptation. *Molecular Ecology*, 24(11): 2641-2655.
- Doyle, J.J., Doyle, J.L., 1990. A rapid total DNA preparation procedure for fresh plant tissue. *Focus*, 12: 13-15.
- Efloras, 2022. *Populus nigra*. [http:// www.efloras.org](http://www.efloras.org), Accessed: 03.03.2023.
- EUFORGEN, 2022. *Populus nigra*. [https://www.euforgen.org/species/ populus-nigra/](https://www.euforgen.org/species/populus-nigra/), Accessed: 20.02.2023.
- Garza, J., Williamson, E., 2001. Detection of reduction in population size using data from microsatellite loci. *Molecular Ecology*, 10: 305-318.
- Imbert, E., Lefevre, F., 2003. Dispersal and gene flow of *Populus nigra* (Salicaceae) along a dynamic river system. *Journal of Ecology*, 91: 447-456.
- Jelic, M., Patenkovic, A., Skoric, M., Misic, D., Kurbalija Novicic, Z., Bordacs, S., Varhidi, F., Vasic, I., Benke, A., Frank, G., Siler, B., 2015. Indigenous Forest of European black poplar along the Danube River: Genetic structure and reliable detection of introgression. *Tree Genetics & Genomes*, 11: 1-14.
- Kamvar, Z.N., Tabima, J.F., Grünwald, N.J., 2014. PopPr: An R package for genetic analysis of populations with clonal, partially clonal, and/or sexual reproduction. *PeerJ*, 2: e281, <https://doi.org/10.7717/peerj.281>.
- Lewandowski, A., Litkowiec, M., 2017. Genetic structure of the old black poplar population along the bank of the Vistula River in Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 86(1): 3524 <https://doi.org/10.5586/asbp.3524>
- Peakall, R., Smouse, P.E., 2012. GenALEX 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics*, 28(19): 2537-2539.
- Pritchard, J.K., Stephens, M., Donnelly, P., 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155: 945-959.
- Rathmacher, G., Niggemann, M., Kohnen, M., Ziegenhagen, B., Bialozyt, R., 2010. Short distance gene flow in *Populus nigra* L. accounts for small scale spatial genetic structures: Implications for in situ conservation measures. *Conservation Genetics*, 11: 1327-1338.
- Smulders, M.J.M., Cottrell, J.E., Lefevre, F., Van Der Schoot, J., Arens, P. et al., 2008. Structure of the genetic diversity in black poplar (*Populus nigra* L.) populations across European river systems: Consequences for conservation and restoration. *Forest Ecology and Management*, 255(5):1388- 1399.
- Tabbener, H.E., Cottrell, J.E., 2003. The use of PCR based DNA markers to study the paternity of poplar seedlings. *Forest Ecology and Management*, 179: 363- 376.
- Vanden Broeck, A., 2003. Genetic conservation and use for European black poplar (*Populus nigra*). International Plant Genetic Resources Institute, EUFORGEN Technical Guidelines, Rome.
- Veliöğlu, E., Bostanci, Y.S., Akgül, S., 2020. Poplars and willows in Turkey. Poplar and fast-growing Forest Trees Research Institute, Country progress report of the National Poplar Commission Time period: 2016-2019, Kocaeli.

Ekler

Ek Çizelge 1. Kara kavak ağaçlarının multilokus genotip yapıları

İğdir popülasyonu																
	WPMS03	WPMS04	WPMS05	WPMS07	WPMS09	WPMS12	WPMS14	WPMS15	WPMS16	WPMS18	WPMS20	PMGC14	PMGC21	PMGC27	PMGC28	PMGC93
1	269/281	274/274	228/278	226/230	246/246	164/174	210/243	204/210	144/150	225/231	220/234	195/201	224/240	190/194	192/212	351/357
2	263/269	274/274	278/284	230/232	246/246	164/174	210/243	204/210	150/150	225/234	220/234	195/201	228/240	190/194	192/212	351/351
3	251/269	247/247	278/284	226/262	246/260	164/174	210/243	204/210	144/150	231/234	234/234	195/219	228/240	190/194	202/212	351/351
4	263/269	247/274	278/284	230/262	246/260	164/174	231/243	204/210	144/150	231/234	234/234	198/204	224/228	190/194	202/212	351/357
5	263/269	247/274	278/284	230/262	246/260	164/174	231/243	204/210	144/150	231/234	216/234	195/201	224/228	190/194	202/212	351/357
6	251/251	247/274	278/284	230/230	246/260	166/174	231/243	204/210	144/150	225/231	223/236	198/204	224/228	190/204	202/212	351/351
7	263/269	247/274	278/284	230/262	246/260	166/174	231/243	204/210	144/150	231/234	234/236	198/204	224/228	190/204	202/212	351/351
8	251/269	247/247	278/284	226/262	260/274	166/174	210/243	204/210	144/150	231/231	220/234	195/201	228/240	190/194	192/202	351/351
9	263/269	247/247	278/284	230/262	246/260	166/174	231/243	204/210	144/150	231/234	234/234	201/219	224/228	190/204	184/184	351/351
10	263/281	274/274	278/284	230/230	246/274	164/174	231/243	204/210	144/144	225/234	234/234	192/201	228/240	190/190	192/212	351/357
11	263/269	247/274	278/284	230/262	246/260	166/174	231/243	204/210	144/150	231/234	234/234	201/219	224/228	190/204	202/212	351/357
12	263/281	247/247	278/284	230/262	246/260	166/174	243/243	204/210	144/144	231/234	220/234	195/201	224/228	190/204	192/212	351/351
13	263/269	247/274	278/284	230/262	246/260	166/174	231/243	204/210	144/150	231/234	234/234	201/219	224/228	190/204	202/212	351/351
14	269/281	249/274	278/278	226/230	246/274	166/174	210/243	204/210	144/150	225/231	220/234	195/201	224/240	190/194	192/212	351/351
15	263/269	247/274	278/284	230/262	246/260	166/174	231/243	204/210	144/150	231/234	216/234	201/219	224/228	190/204	202/212	351/351
16	263/269	247/274	278/284	230/262	246/260	164/174	231/243	204/210	144/150	231/234	220/234	201/219	224/228	190/204	202/212	351/357
17	263/269	247/274	278/284	230/262	246/260	166/174	231/243	204/210	144/150	231/234	220/234	201/219	224/228	190/204	202/212	351/351
Erzurum popülasyonu																
18	269/281	247/249	278/278	226/230	246/274	164/174	210/243	204/210	144/150	225/231	220/234	195/201	224/240	190/190	202/212	351/357
19	263/269	247/249	278/284	226/262	246/260	166/174	210/231	204/210	144/150	231/234	216/234	201/219	224/228	194/204	212/212	351/357
20	263/269	247/249	278/278	230/240	246/252	164/174	231/231	210/216	144/150	234/234	216/234	201/207	228/260	202/204	202/212	351/357
21	269/281	264/274	278/284	226/230	246/274	160/174	210/246	204/210	130/144	225/231	220/234	195/195	240/248	190/200	184/184	351/357
22	269/281	247/274	278/280	226/230	246/256	164/174	210/231	204/210	144/150	228/231	220/228	195/219	224/266	190/190	210/212	351/357
23	269/281	247/274	278/284	226/230	246/274	164/174	210/243	204/210	144/150	225/231	220/234	195/201	224/240	190/194	180/192	351/357
24	269/281	247/274	278/278	226/230	246/274	164/174	210/243	204/210	144/150	225/231	220/234	195/201	224/240	190/194	184/184	351/357
25	269/281	247/274	278/278	226/230	246/274	164/174	231/243	204/210	144/150	225/234	220/234	201/219	224/240	190/194	192/212	351/357
26	269/281	274/274	278/278	226/230	246/274	164/174	210/243	204/210	144/150	225/231	220/234	195/201	224/240	194/204	192/202	351/357
27	263/281	274/274	278/278	226/230	246/274	164/174	210/231	204/210	144/150	231/234	216/234	201/219	224/240	190/194	192/212	351/351
28	269/281	247/274	278/278	226/230	246/274	164/174	210/243	204/210	144/150	225/231	220/234	195/201	224/240	190/194	192/212	351/357
29	269/281	247/274	278/278	226/230	246/274	164/174	210/243	204/210	144/150	225/231	220/234	195/201	224/240	190/194	192/212	351/357
30	269/281	274/274	278/278	226/230	246/274	164/174	210/243	204/210	144/150	225/231	220/234	195/201	224/240	190/194	192/212	351/357
31	269/281	274/274	278/278	226/230	246/274	164/174	210/243	204/210	144/150	225/231	220/234	195/201	224/240	190/194	192/212	351/357
32	263/263	247/247	278/284	226/230	246/274	164/164	210/231	210/216	144/150	228/231	220/234	195/207	224/268	190/190	192/200	351/357
33	272/272	247/247	278/278	226/230	246/274	164/174	210/260	204/210	144/150	225/225	228/234	195/201	224/268	190/204	180/192	351/357

Orman teşkilatında çalışan orman mühendislerinin yeşil ürünlere yönelik algı ve tutumlarını etkileyen faktörler

Gökhan Topaloğlu^{a,*}, Hasan Alkan^b

Özet: Bu araştırma orman teşkilatında çalışan orman mühendislerinin yeşil ürün konusundaki algı ve tutumlarını ölçmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda orman mühendislerinin sürdürülebilir orman yönetimi, algılanan çevre bilgisi, çevresel tutum, çevresel kaygı, sertifikasyon ve yeşil ürünlere karşı tutumları ile demografik özellikleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Verilerin elde edilmesinde anket tekniğinden faydalanılmıştır. Araştırma kapsamında 119 orman mühendisine anket uygulanmıştır. Verilerin analiz edilmesinde istatistik paket (SPSS 22) programından yararlanılmıştır. Ölçeklerin faktör analizi sonuçları sürdürülebilir orman yönetimi ölçeği (KMO; 0,702 alfa; 0,460), algılanan çevre bilgisi ölçeği (KMO; 0,741 alfa; 0,589), çevresel tutum ölçeği (KMO; 0,714 alfa; 0,448), çevresel kaygı ölçeği (KMO; 0,816 alfa; 0,876), sertifikasyon ölçeği (KMO; 0,838 alfa; 0,840) ve yeşil ürünlere karşı tutum ölçeği (KMO; 0,780 alfa; 0,822) sonuçlarının faktörleşmeye uygun olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada Mann-Whitney U, Kruskal Wallis H, Faktör analizi ve Korelasyon analizlerinden yararlanılmıştır. Araştırmada değişkenlerin demografik özelliklere göre anlamlılığına ilişkin yapılan analiz bulgularına göre katılımcıların çevresel tutumları eğitim durumlarına göre, sertifikasyon bilgisi ise katılımcıların sertifikalı birimde çalışma durumlarına göre anlamlı farklılık göstermektedir. Değişkenler arasındaki ilişki incelendiğinde, sürdürülebilir orman yönetimi ile sertifikasyon bilgisi arasında negatif yönlü ilişki bulunurken, yeşil ürünlere karşı tutum ile çevresel kaygı ve sertifikasyon arasında pozitif yönlü anlamlı ilişki bulunduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yeşil ürün, Sertifikasyon, Yeşil pazarlama, Orman mühendisliği

Factors affecting perceptions and attitudes of forest engineers working in the forestry organization towards green products

Abstract: This research was carried out to measure the perceptions and attitudes of forest engineers working in the forestry organization about green products. In this context, the relationship between forest engineers' attitudes towards sustainable forest management, perceived environmental knowledge, environmental attitude, environmental concern, certification and green products and their demographic characteristics has been examined. Questionnaire technique was used to obtain the data. Within the scope of the research, a questionnaire was applied to 119 forest engineers. Statistical package (SPSS 22) program was used to analyze the data. The factor analysis results of the scales are sustainable forest management scale (KMO; 0.702 alpha; 0.460), perceived environmental knowledge scale (KMO; 0.741 alpha; 0.589), environmental attitude scale (KMO; 0.714 alpha; 0.448), environmental anxiety scale (KMO; 0.816 alpha; 0.876), certification scale (KMO; 0.838 alpha; 0.840), and attitude towards green products scale (KMO; 0.780 alpha; 0.822) were found to be suitable for factorization. Mann-Whitney U, Kruskal Wallis H, Factor analysis and Correlation analysis were used in the research. According to the findings of the analysis regarding the significance of the variables according to the demographic characteristics in the research, the environmental attitudes of the participants differ according to their educational status, and the certification information differs significantly according to the working status of the participants in the certified unit. When the relationship between the variables was examined, it was found that there was a negative relationship between sustainable forest management and certification knowledge, while a positive significant relationship was found between attitude towards green products and environmental concern and certification.

Keywords: Green product, Certification, Green marketing, Forest engineering

1. Giriş

İnsanlar yaşamlarını devam ettirmek için doğal kaynaklardan hem yararlanmak hem de onları korumak zorundadır. Bununla birlikte doğal kaynakların sınırsız ve kötü şekilde kullanılmasının sonucu denge bozulmuş ve insanoğlu ciddi çevre sorunları ile karşı karşıya kalmış durumdadır (Uydacı, 2002). Esty ve Winston (2007)'a göre en ciddi 10 çevre sorunu; (1) iklim değişikliği, (2) enerji, (3) su, (4) biyolojik çeşitlilik ve toprak kullanımı, (5)

kimyasallar, zehirli maddeler ve ağır metaller, (6) hava kirliliği, (7) atık madde yönetimi, (8) ozon tabakasının incelmeye, (9) okyanuslar ve balıkçılık alanlarının tahribi ve (10) ormanların yok olması olarak sıralanmaktadır. Anlaşılacağı üzere ormanların yok olması tek başına bile önemli bir çevre sorunu iken, sıralanan birçok çevre sorunun oluşmasında da önemli bir yere sahiptir (Koç, 2016). Bu yüzden ormanların korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir yönetiminin (SOY) sağlanması oldukça önemlidir.

✉ ^a Tarım ve Orman Bakanlığı, Aydın Şube Müdürlüğü, Aydın, Türkiye
^b Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta, Türkiye

✉ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): gtopaloglu18@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 23.03.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.04.2023



Citation (Atıf): Topaloğlu, G., Alkan, H., 2023. Orman teşkilatında çalışan orman mühendislerinin yeşil ürünlere yönelik algı ve tutumlarını etkileyen faktörler. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 85-98.
DOI: [10.18182/tjf.1269319](https://doi.org/10.18182/tjf.1269319)

1992'de Rio'da yapılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma konferansında sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesinde ormanların önemine vurgu yapılmış ve ormanların sürdürülebilir bir şekilde yönetimini sağlamak amacıyla birtakım çalışmalara başlanmıştır. Ülkemizde buna kayıtsız kalmayarak Orman Genel Müdürlüğü (OGM) aracılığıyla SOY kriterlerini belirlemek için çalışmalar yapmıştır. Orman kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetimini teşvik etmek amacıyla orman yönetimi ve orman ürünleri sertifikalandırma sistemi oluşturulmuştur. Orman yönetim sertifikasyonu, bir orman işletmesi bünyesinde yapılan tüm ormancılık uygulamalarının bağımsız bir kurum tarafından, daha önce belirlenen sürdürülebilir ölçüt ve göstergelerine göre değerlendirilmesini sağlayan bir süreci ifade etmektedir (Akyol ve Üçok, 2008). Orman ürünleri sertifikasyonu ise sürdürülebilir yönetildiği sertifika sistemi ile tescil edilen ormanlardan elde edilen odun hammaddesinden üretilen ürünleri kapsamaktadır. Orman ürünlerinde bulunan bu sertifika sistemi, ürünlerin yeşil ürün kategorisinde yer almasını sağlamaktadır (Türkoğlu, 2011). Günümüzde sertifikasyonun önem kazanması ve tüketicilerin yeşil ürün konusunda bilinç düzeyinin artması, özellikle odun hammaddesi ve ürünlerinin ticareti açısından gelecekte belirleyici unsurlardan biri olabileceği söylenebilir. Bu gelişmeler ve tüketicilerin çevresel endişeleri işletmelerin sertifikalı yeşil ürünler konusunda bilinçlenmesini ve üretmesini zorunlu kılmıştır. Son zamanlarda çevreci grupların bu konuya odaklandığı ve işletmelerinde pazarlama faaliyetlerini yeşil kavramı odağında gözden geçirdiği söylenebilir (Ok, 2013). Şimdiye kadar sertifikasyonla ilgili bazı çalışmalar yapılmış olsa da ekosistemin önemli bir unsuru olan ormancılık alanında bu tarz çalışmaların sayısının artırılması oldukça önemlidir.

Bu araştırmada orman mühendislerinin yeşil ürün hakkında bilgi ve farkındalık düzeyi ile yeşil ürüne iyi bir örnek olan sertifikalı odun üretimi ve ormanların sürdürülebilir yönetimi konularında bilgi düzeyinin ortaya koyulması bunlara yönelik algı ve tutumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma odun üretimi konusunda yetkin meslek mensupları olarak orman mühendislerinin yeşil ürüne olan yaklaşımının ortaya konulması bakımından çalışma oldukça önemlidir.

1.1. Yeşil ürün ve yeşil pazarlama

Yeşil ürünler, doğaya en az zarar verecek şekilde üretilen, üretim tüketim esnasında çevreye en az zarar veren ürünlerdir. Bu ürünler doğanın korunmasına katkı sağlamaktadır. Çevre dostu ürünler olarak tanımlanabilen yeşil ürünler, dayanıklı, zehir içermeyen geri dönüşüme uygun olan ürünlerdir (Türk ve Gök, 2010). Bir ürünün yeşil ürün olduğuna karar vermek için, o ürünün doğaya, insanlara hatta küresel anlamda diğer ülkelere zarar verip vermediğine bakılabilir (Duru ve Şua, 2013). Mishra ve Sharma (2010)'ya göre yeşil ürünler; orijinal olarak yetiştirilen, geri dönüştürülebilen, yeniden kullanılabilen ve çözünebilir, doğal içerikli olan, zehirli olmadığı onaylanmış kimyasalları içerebileceği gibi çevreye zarar vermeyen ya da kirliletmeyen, hayvanlar üzerinde test edilmeyen, yeniden kullanılabilen ya da yeniden doldurulabilen kaplar gibi çevre dostu ambalajlara sahip ürünlerdir (Dülgeroğlu vd., 2016). Yeşil pazarlama, pazarlama faaliyetlerinin yeşil kavramına uygun olarak çevreye minimum zarar verme anlayışı ile yapılan pazarlama faaliyeti olarak tanımlanabilmektedir (Grundey ve Zaharia,

2008). İşletmelerin yürüttükleri yeşil pazarlama faaliyetlerinin gelişimi, yeşil ürünlerin tasarımı, yeşil stratejilerin belirlenmesi, yeşil olmayan ürünlerin üretimine son verilmesi ve sosyal sorumluluk bilincinin oluşması olmak üzere dört aşamadan meydana gelmektedir. Yeşil ürünlerin tasarımı denildiğinde, müşterilerin çevre ile ilgili beklentilerinin karşılanması için tasarlanan ürünler anlaşılmaktadır. Bunun ardından fiyat, kalite gibi unsurların yer aldığı yeşil stratejilerin belirlenmesi aşaması, işletmelerin yeşil pazarlama konusunda stratejilerinin belirlendiği aşama olarak tanımlanabilmektedir (Ayyıldız ve Genç, 2008; Bahçecik ve Talebi, 2020).

1.2. Ormancılıkta sertifikasyon

Ormancılıkta sertifikalandırma faaliyetleri ekoloji, ekonomik ve sosyal temelli olarak yani kısacası sürdürülebilirlik ilkesi esas alınarak yapılmaktadır. Dünyada bu faaliyetleri yürüten belli başlı sertifikalandırma kuruluşları bulunmaktadır. Bu sertifikalandırma kuruluşlarının başında dünyada en fazla tanınan Orman İdare Konseyi (Forest Stewardship Council-FSC) gelmektedir. FSC, belli ölçüt ve göstergeleri temel alarak orman alanlarında sertifikalandırma faaliyetlerini yürütmektedir. Bu faaliyetler ekolojik, ekonomik ve sosyal yönden irdelenmektedir (Durusoy, 2002). Ülkemizde sertifikasyon çalışmaları bu kuruluşla iş birliği şeklinde yürütülmüştür. İlk olarak 2010 yılında Aladağ orman işletme şefliğinde başlayan ormancılıkta sertifikalandırma çalışmaları 2011 yılında tamamlanmıştır. Daha sonra çalışmalar hız kazanmış ve 2011 yılında Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, 2012 yılında Muğla, Kastamonu ve Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü işletmelerinde çalışmalar yaygınlaştırılmaya başlanmıştır. 2013 yılı mayıs ayı itibarıyla 16 orman işletme müdürlüğü ve 1 orman işletme şefliğinde toplam 1,425,000 ha alanda sertifikalandırma çalışmaları tamamlanmıştır. 2019 yılı itibarıyla 4,3 milyon ha alan sertifikalandırılmıştır (OGM, 2020; Hakverdi, 2020). 2020 yılı itibarıyla 10 Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı 77 orman işletme müdürlüğü ve 1 orman işletme şefliği sertifikasyon sürecini tamamlamıştır (Komut, 2020; FSC, 2020).

1.3. Yeşil ürün tercihini etkileyen faktörler

Tüketicilerin ihtiyaç duydukları bir ürüne karşı değerlendirme, temin etme, ürün kullanma gibi karar verme süreci tüketici davranışı olarak tanımlanabilmektedir (Şen Demir ve Kozak, 2013; Sert, 2017). Tüketiciler bu sayede ürüne karşı bir algı ve tutum geliştirmektedirler. Bu geliştirilen algı, tutum ve davranışların etkilendiği birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi, gelir seviyesi gibi demografik faktörlerin yanı sıra, motivasyon, algılama, öğrenme, tutum olarak bilinen psikolojik faktörlerdir (Düzgün, 2015). Bir kesim bireyler algı ve tutum gibi ürüne karşı geliştirilen psikolojik davranışları çevreci bir anlayışla ortaya koyabilmektedirler. Çevreye karşı endişe duyan ve bunu satın alma davranışlarına yansıtan tüketiciler yeşil tüketici olarak tanımlanmaktadır. (Zıncıhan ve Carlson, 1995). Çevre konusunda bilgi sahibi olan kişilerin bunu davranışlarına yansıtarak yeşil ürün satın alması beklenmektedir. Nitekim çevre bilgisi yüksek kişiler yeşil ürün tercihinde olumlu davranışlar sergileyebilmektedir. (Yılmaz, 2003). İnsanların yeşil ürünlere karşı sergiledikleri tutumlar zamanla satın alma

davranışına dönüşmektedir. Literatürde yeşil ürünlere karşı tutumun niyeti etkilediği ve yeşil satın alma davranışına dönüştüğüne ilişkin çeşitli modellerle açıklanan çalışmalar bulunmaktadır (Jaiswal ve Kant, 2018). Çevresel tutum kişilerin çevreye karşı geliştirdikleri yaklaşım düzeyini ortaya koyan fizyolojik bir eğilim olarak tanımlanmaktadır (Milfont ve Duckitt, 2010). Çevresel kaygı ise kişilerin çevresel konuların farkında olması ve bu sorunların çözümü konusunda istekli olması şeklinde tanımlanabilir (Akehurst vd., 2012).

2. Materyal ve yöntem

Literatürde çevresel endişe, çevre bilgisi, tutum gibi değişkenlerin arasındaki ilişkinin modellenerek incelendiği çalışmalar bulunmaktadır (Uyar, 2019). Araştırmada orman mühendislerinin yeşil ürünlere karşı algı ve tutumlarını etkileyen faktörler ve bu faktörler arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu kapsamda araştırmanın hipotezleri şu şekildedir:

H₁: SOY, Algılanan Çevre Bilgisi (ACB), Çevresel Tutum (CT), Çevresel Kaygı (CK), Sertifikasyon (SRF) ve Yeşil Ürünler Karşı Tutum (YKT) değişkenleri cinsiyete göre anlamlı farklılık göstermektedir.

H₂: SOY, ACB, CT, CK, SRF ve YKT değişkenleri eğitim durumuna göre anlamlı farklılık göstermektedir.

H₃: SOY, ACB, CT, CK, SRF ve YKT değişkenleri göreve göre anlamlı farklılık göstermektedir.

H₄: SOY, ACB, CT, CK, SRF ve YKT değişkenleri sertifikalı birim durumuna göre anlamlı farklılık göstermektedir.

H₅: SOY ile ACB, CT, CK, SRF ve YKT değişkenleri arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır.

Araştırmada veri toplama yöntemi olarak anket tekniği kullanılmıştır. Bu bağlamda kolayda örnekleme yoluyla seçilen 119 orman mühendisi ile yüz yüze anket çalışması yapılmıştır. Anket formu mevcut literatürden yararlanılarak geliştirilmiştir. Araştırmada kullanılan anket 2 bölümden oluşmaktadır. Anketin ilk bölümünü demografik özellikleri içeren sorular oluşturmaktadır. İkinci bölümünde ise katılımcıların yeşil ürün algısını ölçen sorular bulunmaktadır. Ankette yer alan SOY ve SRF ölçekleri Türkoğlu (2011), CK ölçeği Öcel ve Uzundal (2019), CT ölçeği Kanbak (2015), YKT; Taylor ve Todd (1995), Chan (2001), Mostafa, (2006), Paul ve Ulusoy (2016). ACB; Öcel ve Uzundal (2019), Mostafa (2006) tarafından yapılan çalışmalarda kullanılan ölçeklerden yararlanılarak oluşturulmuştur. Ayrıca ölçek geliştirilirken Gedik vd. (2015), Uyar (2019), Nakiboğlu (2003), Straughan ve Roberts (1999), Yılmaz (2009), Karadeniz (2020), Boztepe (2011), Aksu (2019), Koçak vd. (2017), Erciş vd. (2016), Laroche vd. (2001), Jain ve Gurmeet (2004), Çakır vd. (2010) tarafından yapılan çalışmalardan yararlanılmıştır. Çalışmada 5 li likert tipi ölçek kullanılmıştır (1:Kesinlikle katılmıyorum, 2:Katılmıyorum, 3:Ne katılıyorum ne katılmıyorum, 4:Katılıyorum, 5:Kesinlikle katılıyorum).

Araştırma kapsamında elde edilen verilerin analizinde Sosyal Bilimler için İstatistik Paket Programı (SPSS 22) programı kullanılmıştır. Ölçeklerin güvenilirliğini ve yapı geçerliliğini test etmek için Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) kullanılmıştır. Ölçeklerin güvenilirliğini test etmek için ise Crochbach alfa katsayısından yararlanılmıştır. Bu katsayı 0,40 ve altında ise ölçek güvenilir değil, 0,40 üzerinde ölçek

düşük güvenilir, 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; Tavşanel, 2002; Nunnally ve Bernstein, 1994). Her bir önermenin ilgili faktör ile ilişkisini ölçmek ve ankette kalıp kalmayacağına karar vermek için “Anti-image Korelasyon Matrisi” değerlerine bakılmaktadır. Anti-image korelasyon matrisinde çapraz yükler arasındaki ilişkinin 0,50 ve üzerinde olması gerekmektedir (Can, 2014). SRF ölçeğindeki 9. madde 0,50 eşik değerinin altındadır. Ancak bu önerme ölçekten çıkarıldığı zaman ölçeğin cronbach alfa katsayısı ve KMO-Barlett değerinde önemli farklılık meydana gelmemektedir. Bu yüzden bu önermenin ölçekte kalmasına karar verilmiştir. Bu bağlamda araştırmada kullanılan ölçeklere ilişkin anti-image korelasyon değerleri ekte çizelgeler (Ek Çizelge 1, Ek Çizelge 2, Ek Çizelge 3, Ek Çizelge 4, Ek Çizelge 5, Ek Çizelge 6) halinde verilmiştir. Ölçeklerin anti-image korelasyon matris değerleri incelendiğinde 0,50 üzerinde olduğu dolayısıyla ankette kalabileceği söylenebilir. Yapı geçerliliğini test etmek için yapılan AFA ile ölçekte bulunan önermeler alt boyutlar halinde bir araya toplanmaktadır (Schumacker ve Lomax, 2004). Faktör yapısının belirlenmesinde önermelerin faktör yükleri 0,30 ve üzerinde olmalıdır (Neale ve Liebert, 1980; Harrington, 2009). Ayrıca faktörler altında toplanan önermelerden binişik olanlarında çıkarılması gerekmektedir. Binişik değer aynı anda birden fazla faktörü temsil eden ve bu faktör yükleri arasındaki değeri 0,10’dan az olan önermedir (Çokluk vd., 2012). Faktör analizinde bakılması gereken diğer bir husus toplam açıklanan varyans oranı (AVO)’dır. Büyükköztürk (2012) ve Eroğlu (2008)’na göre davranış bilimleri açısından AVO’nun %40 olması yeterlidir. Örneklem sayısının yeterliliğine ilişkin ise KMO-Bartlett değerine bakılmıştır. Bu değerinin 1’e yakın olması örneklem sayısının yeterli olduğu anlamına gelmektedir (Sipahi vd., 2006). Field (2000)’a göre, KMO için alt sınırın 0,50 olması gerekmektedir. KMO testi sonucunda bulunan değer 0,50’den düşük ise ölçeğin faktör analizine uygun olmadığı yorumu yapılmaktadır (Çokluk vd., 2012; Kaya, 2013).

3. Bulgular

Bu bölümde araştırmaya katılan katılımcıların bazı demografik özelliklerinin frekans ve yüzde değerleri, araştırmada kullanılan ölçeklere uygulanan faktör analizi sonuçları ve araştırma hipotezlerinin test edilmesine ilişkin bulgular verilmiştir.

3.1. Katılımcıların bazı profil özellikleri

Katılımcıların demografik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1’e göre katılımcıların %26,10’u kadın ve %73,90’ı erkektir. Katılımcıların tamamı üniversite mezunu olup yaklaşık üçte biri (%30,30) lisansüstü eğitim almış durumdadır. Katılımcıların %38,70’u sertifikaya sahip bir birimde çalışırken %61,30’unun çalıştığı birimde ise sertifikalandırma süreci henüz gerçekleşmemiştir. Katılımcıların görev dağılımları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Tanımlayıcı istatistik sonuçları

		Sayı	Yüzde (%)
Cinsiyet	Kadın	31	26,10
	Erkek	88	73,90
	Toplam	119	100,00
Eğitim	Lisans	83	69,70
	Lisansüstü	36	30,30
	Toplam	119	100,00
Görev yapılan birim sertifikaya sahip mi?	Evet	46	38,70
	Hayır	73	61,30
	Toplam	119	100,00

Çizelge 2. Katılımcıların görev dağılımları

		Sayı	Yüzde (%)
Görev	Orman Mühendisi Kadrosunda	60	50,40
	İşletme Şefi	32	26,90
	DKMP Şefi	14	11,80
	ATM Şefi	3	2,50
	Kadastro Şefi	1	0,80
	Şube Müdürü	3	2,50
	İşletme Müdürü/İşletme Müdür Yrd	2	1,70
	Bölge Müdürü/Bölge Müdür Yrd.	2	1,70
	Uzman	2	1,70
	Toplam	119	100,00

Çizelge 2'ye göre katılımcıların %26,90'sı orman işletme şefi, %11,80'si DKMP şefi ve %7,60'ı ise Şube Müdürü, İşletme Mdr/Mdr Yrd., Bölge Mdr/Mdr Yrd gibi yönetici kadrosunda görev yapmaktadır.

3.2. Faktör analizi bulguları

SOY ölçeğine ilişkin faktör analizi bulguları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. SOY ölçeği faktör yapısı

Sürdürülebilir orman yönetimi ölçeği	YAS	DAS
Ülkemizde sürdürülebilir kalkınma ilkesi kapsamında çevre koruma ile ekonomik kalkınma faaliyetleri uyumludur.	0,867	
Ülkemiz devlet ormanları sürdürülebilir yönetim anlayışıyla işletilmektedir.	0,846	
Sürdürülebilir orman yönetimi çerçevesinde Orman Genel Müdürlüğü'nün orman ürünleri satışları uygundur.	0,743	
Ormanlarımızın yönetiminin herhangi bir bağımsız kuruluş, ekip vb. tarafından denetlenmesi gereklidir.		0,874
Orman endüstri işletmeleri ülkemiz ormanlarından üretilen odun hammaddesine kolay bir şekilde ulaşabilmektedir.		0,678

KMO Bartlett; 0,702 Alfa katsayısı 0,460 AVO; %68,841 YAS; Yönetim Açısından Sürdürülebilirlik DAS; Denetim Açısından Sürdürülebilirlik

Çizelge 4. ACB ölçeği faktör yapısı

Algılanan çevre bilgisi ölçeği	CY	SAY
Tükettiğim ürünlerin atık miktarı en az olanını nasıl seçeceğimi biliyorum.	0,732	
Çevre sorunlarıyla ilgili çok bilgiliyim	0,715	
Geri dönüşüm hakkında çoğu kişiden daha çok şey biliyorum	0,660	
Ürünleri kullanırken, insanlar ve çevre üzerinde yarattığı etkileri düşünürüm.	0,558	
Bir tüketicinin tek başına çevre kirliliği için yapabileceği bir şey yoktur.		0,790
Ürünlerin paketindeki çevresel cümleleri ve sembolleri anlıyorum		0,600
Çevreye duyarlı ürünler ve paketler aldığımı biliyorum		0,534

KMO Bartlett; 0,741 Alfa katsayısı; 0,589 AVO; %52,136 CY; Çevresel Yaklaşım SAY; Satın Alma Yaklaşımı

Çizelge 5. CT ölçeği faktör yapısı

Çevresel tutum ölçeği	DKT	BLN	CF
Deniz, akarsu ve göllerin kirlendiği haberleri abartılıdır	0,439		
Türkiye'nin çölleşme sorunu yoktur	0,620		
İnsanların temiz havaya olan ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için, kentlerin yakınlarında bulunan ormanlık alanlara küçük konutlar yapmaları özendirilmelidir.	0,721		
Hava, su ve toprak tükenmeyen kaynaklardır	0,663		
Konut ve iş yerlerinde doğalgaz kullanmanın hava kirliliği sorununun çözümüne bir katkısı olamaz.	0,596		
Çevre sorunlarına duyarlı olunması, bir ülkenin kalkınmasını engellemez.		0,780	
Gazete, dergi ve televizyonlarda çevre ile ilgili programlara daha çok yer verilmelidir		0,726	
Hızlı nüfus artışı ciddi bir çevre sorunudur.			0,559
Nükleer deneme yapan ülkeler protesto edilmelidir			0,838

KMO Bartlett; 0,714 Alfa katsayısı; 0,448 AVO; %53,684 DKT; Doğal Kaynaklara Karşı Tutum BLN; Bilinçlendirme CF; Çevresel Farkındalık

Çizelge 3'de görüldüğü gibi 5 maddeden oluşan SOY ölçeği 2 faktörlü bir yapıya sahiptir. 1, 4 ve 5. maddeler birinci faktör altında 2 ve 3. maddeler ikinci faktör altında toplanmıştır. Birinci faktör altında toplanan önermeler ormanların kurumsal yönetimine ilişkin yargılar içerdiği için yönetim açısından sürdürülebilirlik (YAS), ikinci faktör altında toplanan önermeler ormanların denetimine ilişkin yargılar içerdiği için denetim açısından sürdürülebilirlik (DAS) olarak adlandırılmıştır. Ölçeğin alfa katsayısı 0,460 ve KMO değeri 0,702 olarak hesaplanmıştır. Ölçek önermelerinin faktör yükleri 0,553-0,796 arasında değişmektedir. AVO ise %68,841 olarak bulunmuştur. AVO'nun yüksek olması ilgili yapının ne kadar iyi ölçüldüğünü göstermektedir (Büyüköztürk, 2002). SOY ölçeğinde AVO yeterli olduğu görülmektedir. ACB ölçeğine ilişkin faktör analizi bulguları Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4'de görüldüğü gibi ölçek 2 faktörlü yapıya sahip ve 7 maddeden oluşmaktadır. 2, 4, 5 ve 6. maddeler bir faktör altında, 1, 3 ve 7. maddeler ise ikinci faktör toplanmaktadır. Birinci faktörde yer alan önermeler çevresel endişe odaklı yargılar içerdiği için bu faktör çevresel yaklaşım (CY), ikinci faktör altındaki önermeler ağırlıklı olarak paketler üzerindeki çevresel etiketlerin anlaşılabilirliğine yönelik yargılar içerdiği için satın alma yaklaşımı (SAY) olarak adlandırılmıştır. Ölçeğin alfa katsayısı 0,589 ve KMO değeri 0,741 olarak hesaplanmıştır. Ölçek önermelerinin faktör yükleri 0,439-0,678 arasında değişmektedir. AVO ise %52,136 olarak bulunmuştur. ACB ölçeği AVO yeterli düzeydedir. CT ölçeğine ilişkin faktör analizi bulguları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5'te görüldüğü gibi ölçek 3 faktörlü yapıya sahip ve 9 maddeden oluşmaktadır. CT ölçeğinde yapılan faktör analizi sonucunda anti-image korelasyon değeri 0,50'nin altında olan 1,8 ve 9. maddeler ölçekten çıkarılmıştır. 2, 3, 4, 5 ve 11. maddeler birinci faktör altında, 7 ve 10. maddeler ikinci faktör altında, 6 ve 12. maddeler üçüncü faktör altında toplanmaktadır. Birinci faktör altında toplanan önermeler doğal kaynaklar hakkında bilgi ve tutum içeren yargılar içerdiği için bu faktör doğal kaynaklara karşı tutum (DKT), ikinci faktör çevre sorunları hakkında tanıtım ve bilgilendirme yargıları içerdiği için bilinçlendirme (BLN) ve üçüncü faktör farkındalık ağırlıklı yargılar içerdiği için çevresel farkındalık (CF) olarak adlandırılmıştır. Ölçeğin alfa katsayısı 0,448 ve KMO değeri 0,714 olarak hesaplanmıştır. Ölçek önermelerinin faktör yükleri 0,388-0,706 arasında değişmektedir. AVO ise %53,684 olarak bulunmuştur. CT ölçeği AVO yeterli düzeydedir. CK ölçeğine ilişkin faktör analizi bulguları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6'da görüldüğü gibi ölçek 2 faktörlü yapıya sahip ve 8 maddeden oluşmaktadır. CK ölçeğinde yapılan faktör analizi sonucunda binişik değerler olan 5,7, 8 ve 12. maddeler ölçekten çıkarılmıştır. 1, 2, 4, 9 ve 11. maddeler birinci faktör altında, 3, 6 ve 10. maddeler ikinci faktör altında toplanmaktadır. Birinci faktör altında toplanan önermeler çevrenin zarar görmesi konusunda endişeye yönelik yargı içerdiği için bu faktör çevre koruma yaklaşımı (CKY), ikinci

faktör ise çevrenin insan eliyle zarar görmesi konusunda endişeye yönelik yargı içerdiği için antropojenik etkilere karşı yaklaşım (AEY) olarak adlandırılmıştır. Ölçeğin alfa katsayısı 0,876 ve KMO değeri 0,816 olarak hesaplanmıştır. Ölçek önermelerinin faktör yükleri 0,470-0,785 arasında değişmektedir. AVO oranı ise %62,102 olarak bulunmuştur. CK ölçeği AVO yeterli düzeydedir. SRF ölçeğine ilişkin faktör analizi bulguları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7'de görüldüğü gibi ölçek 2 faktörlü yapıya sahip ve 8 maddeden oluşmaktadır. SRF ölçeğinde yapılan faktör analizi sonucunda faktör yükü 0,30'dan küçük olan 5. madde (0,253) ile binişik değer olan 10. madde ölçekten çıkarılarak analiz tekrar edilmiştir. 1, 2, 3, 4, 6 ve 7. maddeler birinci faktör altında, 8 ve 9. maddeler ikinci faktör altında toplanmaktadır. Birinci faktör altında toplanan önermeler ağırlıklı olarak ülkemizde sertifikasyon hususunun değerlendirilmesine yönelik yargılar içerdiği için kurumsal farkındalık (KF), ikinci faktör altında toplanan önermeler bireysel olarak sertifikasyon konusundaki farkındalık ile ilgili yargılar içerdiği için bireysel farkındalık (BF) olarak adlandırılmıştır. Ölçeğin alfa katsayısı 0,840 ve KMO değeri 0,838 olarak hesaplanmıştır. Ölçek önermelerinin faktör yükleri 0,541-0,802 arasında değişmektedir. AVO ise %69,988 olarak bulunmuştur.

YKT ölçeğine ilişkin faktör analizi bulguları Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 6. CK ölçeği faktör yapısı

Çevresel kaygı ölçeği	CKY	AEY
Çevre kirliliği ciddi bir sorundur.	0,702	
Tüketiciler çevre sorunları hakkında bilgilendirilmelidir.	0,883	
Doğal çevrede yaşayan canlılar (bitkiler ve hayvanlar) insanlar kadar yaşama hakkına sahiptirler.	0,617	
Orman kaynaklarımızın tükenmesinden endişe duyduğum için kâğıt israfından kaçınmalıyız.	0,724	
Tüketiciler geri dönüşümü olmayan ürünleri almaktan kaçınmalıdır.	0,550	
İnsanlar çevreyi ciddi şekilde kötüye kullanmaktadır.		0,695
İnsanlar doğaya müdahale ettiğinde, genellikle kötü sonuçlar ortaya çıkmaktadır.		0,814
İnsan elinden çıkan şeyler, dünyayı yaşanmaz hale getirmektedir.		0,843

KMO Bartlett; 0,816 Alfa katsayısı; 0,876 AVO; %62,102 CKY; Çevre Koruma Yaklaşımı AEY; Antropojenik Etkilere Karşı Yaklaşım

Çizelge 7. SRF ölçeği faktör yapısı

Sertifikalendirme ölçeği	KF	BF
Sertifikalendirme sisteminin orman ekosistemlerinde biyolojik çeşitliliğin korunması, sosyo-ekonomik faydaların sürdürülmesi, üretim işlevlerinin devamı gibi konuları geliştirdiğine inanıyorum.	0,774	
Ülkemiz ormancılığında sertifikalandırılma gereklidir.	0,869	
Ülkemizde orman ürünlerinin sertifikalandırılması tüketici üzerinde bir tercih sebebidir.	0,703	
Sertifikalı orman ürünü kullanmayı tercih ederim	0,824	
Orman ürünlerinin sertifikalandırılması hukuksal mevzuatla zorunlu hale getirilmelidir..	0,829	
Ülkemizde ulusal bir sertifika sistemi kurulmalıdır.	0,826	
Tüketici olarak çevremde sertifikalı orman ürünü görmeye başladım..		0,829
Orman kaynakları ve orman ürünlerinin sertifikalandırılmasını yapan uluslararası kuruluşlar hakkında bilgim var.		0,893

KMO Bartlett; 0,838 Alfa katsayısı; 0,840 AVO; %69,988 KF; Kurumsal Farkındalık BF; Bireysel Farkındalık

Çizelge 8. YKT ölçeği faktör yapısı

Yeşil ürünlere karşı tutum ölçeği	SA	DKT	YB
Yeşil ürün satın alma fikri daha cazip gelmektedir.	0,900		
Bir ürünün yeşil bir versiyonunu satın almak cazip gelmektedir	0,839		
Organik, ekolojik ve doğal içerikli ürünlere büyük ilgi duyuyorum	0,713		
Fiyatı daha yüksek bile olsa yeşil ürün almayı tercih ederim.	0,728		
Ülkemizde ormanlık alan çok fazla olmadığı için kullanılan kağıtları geri dönüşüme kazandırmak gerekmektedir.		0,822	
Geri dönüşüm kirliliği azaltabilir		0,891	
Geri dönüşüm, doğal kaynakları korumada önemlidir.		0,862	
Ambalajlı gıda satışı yapan firmalar çevreye karşı sorumlu hareket ederler.			0,830
Enerji tasarruflu ürünler yeşil üründür.			0,699

KMO Bartlett; 0,780 Alfa katsayısı; 0,822 AVO; %73,773 SA; Satın Alma DKT; Doğaya Karşı Tutum YB; Yeşil Bilgi

Çizelge 8'de görüldüğü gibi ölçek 3 faktörlü yapıya sahip ve 9 maddeden oluşmaktadır. YKT ölçeğinde yapılan faktör analizi sonucunda binişik değer olan 4. ve 10. madde ölçekten çıkarılarak analiz tekrar edilmiştir. 1, 2, 3 ve 11. maddeler birinci faktör altında, 5, 6 ve 7. maddeler ikinci faktör altında, 8 ve 9. maddeler üçüncü faktör altında toplanmıştır. Birinci faktör altında toplanan önermeler yeşil ürün satın alma ile ilgili yargılar içerdiği için satın alma (SA), ikinci faktör altındaki önermeler geri dönüşüm hakkında bilgi ve algı ile ilgili yargı içerdiği için doğaya karşı tutum (DKT), üçüncü faktör altında toplanan önermeler yeşil ürün konusundaki bilgi hakkında yargı içerdiği için yeşil bilgi (YB) olarak adlandırılmıştır. Ölçeğin alfa katsayısı 0,822 ve KMO değeri 0,780 olarak hesaplanmıştır. Ölçek önermelerinin faktör yükleri 0,642-0,812 arasında değişmektedir. AVO ise %73,773 olarak bulunmuştur.

3.3. Katılımcıların ölçeklerde yer alan ifadelerle katılım durumları

Katılımcıların SOY ölçeğindeki ifadelerle katılım durumları Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9'a göre katılımcıların %74,80'i orman endüstri işletmelerinin (OEİ) ülkemiz ormanlarından üretilen odun hammaddesine kolay bir şekilde ulaşabildiklerini, %13,40'ı ulaşamadıklarını düşünmektedir. Katılımcıların %60,50'si SOY çerçevesinde OGM'nin orman ürünleri satışlarının uygun olduğunu, %19,30'u uygun olmadığını düşünmektedir. Çevrenin önem kazanması ve çevre bilincinin gelişmesi işletmelerin hammadde tercihinde etkili olmaktadır. Ülkemizde odun hammaddesi büyük oranda OGM tarafından üretilmektedir. Çok vd., (2017) tarafından yapılan araştırmada OEİ'nin %65,00'i hammadde kaynaklarını OGM'den temin etmektedir. Her ne kadar odun hammaddesinin büyük çoğunluğu OGM'den temin edilse de işletmeler ithal ürün kullanmak zorunda kalmaktadırlar. Bunun nedeni olarak OGM'nin yılın belli zamanlarda üretim

yapması ve OEİ'nin hammadde temininde sürdürülebilirliği sağlayamaması olarak gösterilebilir (Çok vd., 2017). Bu durum OEİ'nin hammaddeye her zaman kolay ulaşamadıklarını göstermektedir.

Katılımcıların ACB ölçeğindeki ifadelerle katılım durumları Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10'a göre katılımcıların %76,50'si geri dönüşüm hakkında daha fazla bilgili olduğunu, %3,40'ı ise daha az bilgili olduğunu düşünmektedir. Katılımcıların %82,40'ı gibi büyük bir kısmı ürünleri kullanırken çevre ve insan üzerindeki etkilerini düşünmektedir. Araştırmaya katılan orman mühendislerinin %73,10'u çevresel endişe taşımakta ve çevreyi korumak için kişisel olarak bir şeyler yapılabileceğini düşünmektedir. Ürün paketlerindeki sembollerin ne olduğunu katılımcıların %72,30'u anlayabilmektedir, %11,70'i ise anlamamaktadır. Ekosistem yönetiminde etkin olan orman mühendislerinin çevresel endişe taşıması oldukça önemlidir. Nitekim SRF çalışmalarının temelinde çevreci anlayış bulunmaktadır. Bu durum SRF çalışmalarının optimal şekilde yerine getirilmesini kolaylaştırmakta ve ormancılığın sürdürülebilir bir şekilde devam etmesine olanak sağlamaktadır.

Katılımcıların çevresel tutum ölçeğindeki ifadelerle katılım durumları Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 11'e göre katılımcıların %89,90'ı halkı bilinçlendirme faaliyetlerinin önemli olduğunu düşünerek iletişim araçlarında çevre ile ilgili programlara daha fazla yer verilmesi gerektiğini düşünmektedir. Araştırmaya katılan orman mühendislerinin %88,20'si hızlı nüfus artışının ciddi bir çevre sorunu olduğunu ve 51,20'si nükleer deneme yapan ülkelerin protesto edilmesini düşünmektedir. Doğanın korunması ve ekosistemin yönetiminde etkin rol oynayan orman mühendislerinin çevre konusunda farkındalıklarının olması oldukça önemlidir.

Katılımcıların çevresel kaygı ölçeğindeki ifadelerle katılım durumları Çizelge 12'de verilmiştir.

Çizelge 9. Katılımcıların SOY ölçeği ifadelerine ilişkin yüzdeleri

Sürdürülebilir Orman Yönetimi Bilgisi İfadeler	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)
Ülkemizde sürdürülebilir kalkınma ilkesi kapsamında çevre koruma ile ekonomik kalkınma faaliyetleri uyumludur.	16,00	29,40	26,90	19,30	8,40
Ormanlarımızın yönetiminin herhangi bir bağımsız kuruluş, ekip vb. tarafından denetlenmesi gereklidir.	16,00	14,30	11,80	31,10	26,90
Orman endüstri işletmeleri ülkemiz ormanlarından üretilen odun hammaddesine kolay bir şekilde ulaşabilmektedir.	2,50	10,90	11,80	50,40	24,40
Ülkemiz devlet ormanları sürdürülebilir yönetim anlayışıyla işletilmektedir.	6,70	18,50	18,50	37,80	18,50
Sürdürülebilir orman yönetimi çerçevesinde Orman Genel Müdürlüğü'nün orman ürünleri satışları uygundur.	5,00	14,30	20,20	47,10	13,40

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

Çizelge 10. Katılımcıların ACB ölçeği ifadelerine ilişkin yüzdeleri

Algılanan çevre bilgisi ölçeği ifadeler	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)
Bir tüketicinin tek başına çevre kirliliği için yapabileceği bir şey yoktur.	36,10	37,00	11,80	10,10	5,00
Ürünleri kullanırken, insanlar ve çevre üzerinde yarattığı etkileri düşünürüm.	0	5,90	11,80	51,30	31,10
Çevreye duyarlı ürünler ve paketler aldığımı biliyorum	2,50	10,90	22,70	47,10	16,80
Geri dönüşüm hakkında çoğu kişiden daha çok şey biliyorum	0	3,40	20,20	45,40	31,10
Çevre sorunlarıyla ilgili çok bilgiliyim	0,80	3,40	16,80	52,10	26,90
Tükettiğim ürünlerin atık miktarı en az olanını nasıl seçeceğimi biliyorum.	0,80	9,20	26,10	51,30	12,60
Ürünlerin paketindeki çevresel cümleleri ve sembollerini anlıyorum	2,50	9,20	16,00	56,30	16,00

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

Çizelge 11. Katılımcıların CT ölçeği ifadelerine ilişkin yüzdeleri

Cevresel tutum ölçeği ifadeleri	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)
Ozon tabakasına zarar veren, teknoloji ürünlerinin protesto edildiği toplantılar düzenlenmelidir	1,70	8,40	22,70	39,50	27,70
Deniz, akarsu ve göllerin kirlendiği haberleri abartılıdır.	26,90	37,80	10,90	12,60	11,80
Türkiye'nin çölleşme sorunu yoktur.	39,50	37,00	12,60	8,40	2,50
İnsanların temiz havaya olan ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için, kentlerin yakınlarında bulunan ormanlık alanlara küçük konutlar yapmaları özendirilmelidir.	40,30	27,70	5,00	16,00	10,90
Hava, su ve toprak tükenmeyen kaynaklardır	57,10	28,60	4,20	5,90	4,20
Hızlı nüfus artışı ciddi bir çevre sorunudur.	3,40	4,20	4,20	35,30	52,90
Çevre sorunlarına duyarlı olunması, bir ülkenin kalkınmasını engellemez.	6,70	8,40	9,20	32,80	42,90
Çevreci grupların ortaya çıkışı, çevreyi korumaktan çok, arkadaş edinme ihtiyacından kaynaklanmaktadır	18,50	23,50	30,30	16,80	10,90
Ülkelerin, kendi doğal kaynaklarını istedikleri gibi kullanmalarına hiçbir kurum ya da kuruluş karışmamalıdır.	26,10	29,40	16,80	15,10	12,60
Gazete, dergi ve televizyonlarda çevre ile ilgili programlara daha çok yer verilmelidir	1,70	1,7	6,70	37,00	52,90
Konut ve iş yerlerinde doğalgaz kullanmanın hava kirliliği sorununun çözümüne bir katkısı olamaz.	27,70	39,50	16,80	11,80	4,20
Nükleer deneme yapan ülkeler protesto edilmelidir	4,20	12,60	31,90	19,30	31,90

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

Çizelge 12. Katılımcıların CK ölçeği ifadelerine ilişkin yüzdeleri

Cevresel kaygı ölçeği ifadeleri	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)
Çevre kirliliği ciddi bir sorundur.	0	3,40	2,50	18,50	75,60
Tüketiciler çevre sorunları hakkında bilgilendirilmelidir.	0	0,80	1,70	27,70	69,70
İnsanlar çevreyi ciddi şekilde kötüye kullanmaktadır.	0,80	2,50	8,40	31,10	57,10
Doğal çevrede yaşayan canlılar (bitkiler ve hayvanlar) insanlar kadar yaşama hakkına sahiptirler.	0	1,70	3,40	21,00	73,90
Daha yaşanılabilir bir dünya için çevreye olan duyarlılık artmalıdır	0	0,80	1,70	23,50	73,90
İnsanlar doğaya müdahale ettiğinde, genellikle kötü sonuçlar ortaya çıkmaktadır	0	7,60	17,60	31,90	42,90
Doğal kaynaklarımızı nasıl geliştireceğimizi öğrenemezsek, dünyanın sınırlı olan doğal kaynakları yok olmaktadır.	1,70	1,70	3,40	35,30	58,00
Doğal kaynakları kullanma konusunda herkes dikkatli olmalıdır.	0	0,80	1,70	29,40	68,10
Orman kaynaklarımızın tükenmesinden endişe duyduğum için kâğıt israfından kaçınılmalıdır.	0,80	2,50	6,70	32,80	57,10
İnsan elinden çıkan şeyler, dünyayı yaşanmaz hale getirmektedir.	0	9,20	24,40	28,60	37,80
Tüketiciler geri dönüşümü olmayan ürünleri almaktan kaçınılmalıdır.	0,80	4,20	13,40	47,10	34,50
Modern sanayi doğanın dengesini bozmaktadır.	0,80	7,60	23,50	33,60	34,50

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

Çizelge 12'ye göre araştırmaya katılan orman mühendislerinin %94,10'u çevre kirliliğini ciddi bir sorun olarak görmekte, %94,90'ı doğal çevrede yaşayan diğer canlılarında insanlar kadar yaşama hakkına sahip olduğunu düşünmekte ve %97,50'si doğal kaynaklarımızın kullanılması konusunda herkesin dikkatli olması gerektiğini düşünmektedir. Ayrıca araştırmaya katılan orman mühendislerinin %89,70'i orman kaynaklarımızın tükenmesinden endişe duyarak kâğıt israfından kaçınılması gerektiğini düşünmektedir. Son zamanlarda koruma kullanma dengesinin sağlanamaması çevre üzerindeki baskıyı artırmıştır. Bu araştırma çevre ile etkileşim içinde olan orman mühendislerinin çevre konusunda oldukça hassas ve bilgili olduğunu göstermektedir. Katılımcıların sertifikalandırma ölçeğindeki ifadelerle katılım durumları Çizelge 13'de verilmiştir.

Çizelge 13'e göre katılımcıların %84,80'i ülkemiz ormancılığında sertifikalandırmanın gerekli olduğunu düşünmekte ve %77,30'u ürün satın alırken sertifikalı orman ürünü kullanmayı tercih etmektedir. Orman mühendislerinin sertifikalandırmanın önemini bilmesi ve bunun satın alma davranışına yansıtması oldukça önemlidir. Araştırmaya katılan orman mühendislerinin %83,20'si ülkemizde ulusal

bir sertifika sisteminin kurulması gerektiğini düşünmektedir. Bu durumun sertifikalandırma çalışmalarının önem kazanması ve son zamanlarda yaygınlaşmasında etkili olduğu söylenebilir.

Katılımcıların yeşil ürünlere karşı tutum ölçeğindeki ifadeler verdikleri cevaplar Çizelge 14'de verilmiştir.

Çizelge 14'e göre araştırmaya katılan orman mühendislerinin %94,10'u su kullanımı konusunda dikkatli olunması ve su tasarrufunun yapılması gerektiğini düşünmekte ve %93,60'ı kâğıt israfından kaçınılarak kâğıtların geri dönüşüme kazandırılması gerektiğini düşünmektedir. Ekosistem yönetimi noktasında önemli meslek mensuplarından olan orman mühendislerinin bu olumlu yaklaşımları çevrenin korunması adına oldukça önemlidir. Ayrıca katılımcıların %92,50'si geri dönüşümün kirliliği azaltabileceğini düşünmekte ve %94,2'si geri dönüşümün doğal kaynakları koruma konusunda önemli olduğunu düşünmektedir. Araştırmaya katılan orman mühendislerinin %68,10'u yeşil ürün satın alma düşüncesini cazip bulmaktadır. Ancak %6,70'inin yeşil ürün satın alma fikrini cazip bulmadığı, %25,20'inin ise kararsız olduğu görülmektedir. Bu durumun yeşil ürünlerin fiyatının yüksek olmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir.

Çizelge 13. Katılımcıların SRF ölçeği ifadelerine ilişkin yüzdeleri

Sertifikalandırma bilgisi ölçeği ifadeleri	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)
Sertifikalandırma sisteminin orman ekosistemlerinde biyolojik çeşitliliğin korunması, sosyo-ekonomik faydaların sürdürülmesi, üretim işlevlerinin devamı gibi konuları geliştirdiğine inanıyorum.	3,40	3,40	17,60	53,80	21,80
Ülkemiz ormancılığında sertifikalandırılma gereklidir.	1,70	4,20	9,20	48,70	36,10
Ülkemizde orman ürünlerinin sertifikalandırılması tüketici üzerinde bir tercih sebebidir.	1,70	10,10	24,40	42,00	21,80
Sertifikalı orman ürünü kullanmayı tercih ederim	0,80	4,20	17,60	53,80	23,50
Sertifikalandırma yüksek ekonomik çıkarlar ve çelişen değerleri de içeren yoğun bir politik süreçtir.	3,40	8,40	30,30	46,20	11,80
Orman ürünlerinin sertifikalandırılması hukuksal mevzuatla zorunlu hale getirilmelidir.	1,70	7,60	19,30	45,40	26,10
Ülkemizde ulusal bir sertifika sistemi kurulmalıdır.	1,70	5,90	9,20	50,40	32,80
Tüketici olarak çevremde sertifikalı orman ürünü görmeye başladım.	4,20	22,70	34,50	30,30	8,40
Orman kaynakları ve orman ürünlerinin sertifikalandırılmasını yapan uluslararası kuruluşlar hakkında bilgim var.	3,40	20,20	26,90	36,10	13,40
Fiyatı daha yüksek bile olsa sertifikalı orman ürünlerini tercih ederim.	5,90	11,80	36,10	32,80	13,40

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

Çizelge 14. Katılımcıların YKT ölçeği ifadelerine ilişkin yüzdeleri

Yeşil ürünlere karşı tutum ölçeği ifadeler	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)
Yeşil ürün satın alma fikri daha cazip gelmektedir.	1,70	5,00	25,20	49,60	18,50
Bir ürünün yeşil bir versiyonunu satın almak cazip gelmektedir	0,80	7,60	24,40	47,90	19,30
Organik, ekolojik ve doğal içerikli ürünlere büyük ilgi duyuyorum	1,70	3,40	15,10	53,80	26,10
Ülkemizde var olan su miktarı yeterli olmadığı için, su tasarrufu yapmaya gerek vardır.	2,50	0,80	2,50	35,30	58,80
Ülkemizde ormanlık alan çok fazla olmadığı için kullanılan kağıtları geri dönüşüme kazandırmak gerekmektedir.	0,80	0,80	6,70	33,60	58,00
Geri dönüşüm kirliliği azaltabilir	0,80	2,50	4,20	32,80	59,70
Geri dönüşüm, doğal kaynakları korumada önemlidir.	0,80	0,80	4,20	34,50	59,70
Ambalajlı gıda satışı yapan firmalar çevreye karşı sorumlu hareket ederler.	12,60	18,50	30,30	26,90	11,80
Enerji tasarruflu ürünler yeşil üründür.	0,80	11,80	27,70	39,50	20,20
Yeşil ürünler çevreye zarar vermeyen ürünlerdir.	0,80	6,70	22,70	42,90	26,90
Fiyatı daha yüksek bile olsa yeşil ürün almayı tercih ederim.	1,70	12,60	31,90	42,00	11,80

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

3.4. Hipotez Testi Bulguları

Ölçeğimizde bulunan tüm değişkenlerin ortalaması alınarak normallik testi yapılmıştır. Normallik varsayımının yorumlanması için Kolmogorov-Smirnov testi yapılmıştır. Test bulguları ise Çizelge 15’de verilmiştir.

Kolmogorov-Smirnov testinde $p < 0,05$ ise verilerin normal dağılım göstermediği, $p > 0,05$ ise verilerimizin normal dağılıma sahip olduğu kabul edilmektedir (Efek, vd., 2018; Efek ve Yiğiter, 2021). Çizelge 15 incelendiğinde kullanılan ölçeğin normal dağılıma sahip olmadığı görülmektedir. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde nonparametrik testler uygulanmaktadır. Hipotezlerimizi test etmek için Mann-Whitney U ve Kruskal Wallis H testleri uygulanmıştır.

Çizelge 16’da değişkenlerin katılımcıların cinsiyetine göre farklılık olup olmadığını test etmek için yapılan Mann-Whitney U testi sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 15. Normallik analizi

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
SOY	0,117	119	0,000	0,974	119	0,020
ACB	0,118	119	0,000	0,981	119	0,087
CT	0,131	119	0,000	0,964	119	0,003
CK	0,130	119	0,000	0,901	119	0,000
SRF	0,104	119	0,002	0,949	119	0,000
YKT	0,107	119	0,003	0,914	119	0,000

a. Lilliefors Significance Correction

Bulguların yorumlanmasında (p) anlamlılık düzeyi oldukça önemlidir. Yapılan çalışma fizik, sağlık bilimleri gibi hassasiyetin yüksek olduğu alanlarda yapılıyorsa p değeri 0.005 veya 0.01 olarak alınmakta, sosyal bilimler gibi alanlarda yapılan çalışmalarda ise 0,05 veya 0,10 olarak alınabilmektedir (Ünver, vd., 2013). Bu çalışmada 0,05 anlamlılık düzeyi esas alınmıştır. Buna göre SOY, ACB, CT, CK, SRF ve YKT değişkenleri cinsiyete göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p > 0,05$).

Değişkenlerin eğitim durumuna göre farklılık olup olmadığını test etmek için yapılan Mann-Whitney U testi bulguları Çizelge 17’de verilmiştir.

Çizelge 16. Değişkenler ile cinsiyet arasındaki farklılığa ilişkin Mann-Whitney U Testi

	SOY	ACB	CT	CK	SRF	YKT
Mann-Whitney U	1360,500	1301,000	1268,000	1278,500	1309,500	1161,500
Wilcoxon W	5276,500	5217,000	5184,000	1774,500	5225,500	5077,500
Z	-0,021	-0,384	-0,583	-0,519	-0,331	-1,229
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,983	0,701	0,560	0,604	0,741	0,219

a. Grouping Variable: cinsiyet, *p<0,05 SOY; Sürdürülebilir Orman Yönetimi ACB; Algılanan Çevre Bilgisi CT; Çevresel Tutum CK; Çevresel Kaygı SRF; Sertifikasyon YKT; Yeşil Ürünler Karşı Tutum

Çizelge 17. Değişkenler ile eğitim durumu arasındaki farklılığa ilişkin Mann-Whitney U Testi

	SOY	ACB	CT	CK	SRF	YKT
Mann-Whitney U	1174,500	1243,000	1114,000	1389,000	1229,000	1370,500
Wilcoxon W	1840,500	1909,000	4600,000	2055,000	4715,000	4856,500
Z	-1,861	-1,460	-2,206	-0,609	-1,536	-0,716
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,063	0,144	0,027*	0,543	0,124	0,474

a. Grouping Variable: eğitim, *p<0,05 SOY; Sürdürülebilir Orman Yönetimi ACB; Algılanan Çevre Bilgisi CT; Çevresel Tutum CK; Çevresel Kaygı SRF; Sertifikasyon YKT; Yeşil Ürünler Karşı Tutum

Çizelge 17'ye göre CT değişkeni ile katılımcıların eğitim durumları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). Yani erkek ve kadınların sürdürülebilir orman yönetimi bilgisi ve çevreye karşı tutumları farklılık göstermektedir. SOY, ACB, CK, SRF ve YKT değişkenleri ise eğitim durumuna göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$).

Değişkenlerin katılımcıların üstlendikleri görevlere göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi için yapılan Kruskal-Wallis H testi bulguları Çizelge 18'de verilmiştir.

Çizelge 18'e göre SOY, ACB, CT, CK, SRF ve YKT değişkenleri ile katılımcıların üstlendikleri görevler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$). Çizelge 19'da değişkenlerin katılımcıların sertifikalı birimde çalışıp çalışmadıklarına göre farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi için Kruskal-Wallis H testi bulguları yer almaktadır.

Çizelge 18. Değişkenler ile görev arasındaki farklılığa ilişkin Kruskal-Wallis H Testi

	SOY	ACB	CT	CK	SRF	YKT
Kruskal-Wallis H	2,957	3,772	5,512	7,838	7,585	6,163
df	7	7	7	7	7	7
Asymp. Sig.	0,889	0,806	0,598	0,347	0,371	0,521

a. Kruskal Wallis Test, b. Grouping Variable: Görev, *p<0,05 SOY; Sürdürülebilir Orman Yönetimi ACB; Algılanan Çevre Bilgisi CT; Çevresel Tutum CK; Çevresel Kaygı SRF; Sertifikasyon YKT; Yeşil Ürünler Karşı Tutum

Buna göre SRF ile katılımcıların sertifikalı birimde çalışıp çalışmamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). Yani sertifikalı birimde çalışan personel ile sertifikalı birimde çalışmayan personel arasında sertifikasyon bilgisi farklılık göstermektedir. Öte yandan CT, SOY, ACB, CK ve YKT değişkenleri katılımcıların sertifikalı birimde çalışıp çalışmadıklarına göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$). Değişkenler arası ilişki olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılan Spearman Korelasyon analizi bulguları Çizelge 20'de verilmiştir.

Çizelge 20'ye göre SOY ile SRF ($r:-0,357$ $p<0,05$) ve SOY ile YKT ($r:-0,298$ $p<0,05$) arasında negatif yönlü ve anlamlı ilişki olduğu görülmektedir. Korelasyon analizinde korelasyon katsayısı (r) +1 ile -1 arasında değer almaktadır. SOY ile SRF arasındaki r katsayısına ve SOY ile YKT arasındaki r katsayısına bakıldığında negatif yönlü anlamlı ve zayıf bir ilişkinin olduğu söylenebilir. Öte yandan SRF ile CK ($r:0,242$ $p<0,05$) ve CK ile YKT ($r:0,416$ $p<0,05$) arasında zayıf düzeyde pozitif ve anlamlı ilişkinin olduğu söylenebilir. Ayrıca SRF ile YKT ($r:0,527$ $p<0,05$) arasında orta düzeyde anlamlı ve pozitif yönlü ilişki bulunmaktadır. Sonuç olarak orman mühendislerinin SRF bilgisi arttıkça CK ve YKT, CK düzeyi arttıkça SRF bilgisi ve YKT ve SRF bilgisi arttıkça YKT'leri artmaktadır.

Çizelge 19. Değişkenler ile sertifikalı birim arasındaki farklılığa ilişkin Mann-Whitney U Testi

	SOY	ACB	CT	CK	SRF	YKT
Mann-Whitney U	1574,000	1595,000	1423,000	1555,000	1281,500	1564,000
Wilcoxon W	2655,000	2676,000	2504,000	4256,000	3982,500	4265,000
Z	-0,577	-0,461	-1,402	-0,678	-2,174	-0,629
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,564	0,645	0,161	0,498	0,030*	0,529

a. Grouping Variable: sertifika_varmı, *p<0,05 SOY; Sürdürülebilir Orman Yönetimi ACB; Algılanan Çevre Bilgisi CT; Çevresel Tutum CK; Çevresel Kaygı SRF; Sertifikasyon YKT; Yeşil Ürünler Karşı Tutum

Çizelge 20. Değişkenler arası spearman's korelasyon analizi

		SOY	ACB	CT	CK	SRF	YKT
Spearman's rho	SOY	Correlation Coefficient	1.000				
		Sig. (2-tailed)					
	ACB	N	119				
		Correlation Coefficient	0,139	1.000			
	CT	Sig. (2-tailed)	0,132				
		N	119	119			
	CK	Correlation Coefficient	0,143	0,087	1.000		
		Sig. (2-tailed)	0,120	0,348			
	SRF	N	119	119	119		
		Correlation Coefficient	0,060	-0,023	-0,003	1.000	
	YKT	Sig. (2-tailed)	0,516	0,801	0,972		
		N	119	119	119	119	
	SOY	Correlation Coefficient	-0,357**	-0,165	-0,124	0,242**	1.000
		Sig. (2-tailed)	0,000	0,073	0,178	0,008	
ACB	N	119	119	119	119	119	
	Correlation Coefficient	-0,298**	-0,152	-0,073	0,416**	0,527**	1.000
CT	Sig. (2-tailed)	0,001	0,098	0,432	0,000	0,000	
	N	119	119	119	119	119	119

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). SOY; Sürdürülebilir Orman Yönetimi ACB; Algılanan Çevre Bilgisi CT; Çevresel Tutum CK; Çevresel Kaygı SRF; Sertifikasyon YKT; Yeşil Ürünler Karşı Tutum

4. Tartışma ve sonuç

Günümüzde yaşanılabilir çevrenin hızla önem kazanması çevreci anlayışın yaygınlaşması yeşil ürün kavramının önemini daha fazla ortaya çıkarmıştır. Bireylerin bu konudaki algı ve tutumlarının yanı sıra ekosistem yönetimi konusunda yetkin meslek mensuplarının bu konudaki tutumları da oldukça önemlidir. Orman mühendisleri çevre yönetimi konusunda önemli görevler üstlenmektedir. Bu nedenle çevreye müdahale noktasında geliştirdikleri tutum ve algıları oldukça önemlidir. Araştırmada orman mühendislerinin, SOY, ACB, CT, CK, SRF ve YKT konusunda algı ve tutumlarını ortaya koymak için analizler gerçekleştirilmiştir. Buna göre SOY, ACB, CT, CK, SRF ve YKT değişkenleri cinsiyete göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemektedir ($p>0,05$). CT değişkeni ile katılımcıların eğitim durumlarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p<0,05$) söz konusu iken SOY, ACB, CK, SRF ve YKT değişkenleri ile eğitim durumu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık söz konusu değildir ($p>0,05$). Bu durum lisansüstü eğitimlerini tamamlamış orman mühendislerinin CT konusunda lisans mezunlarına nazaran daha olumlu davranış sergilediklerini ortaya koymaktadır. Buradan hareketle özellikle meslekte aktif görevlerde bulunan meslektaşlarımızın ilgili konularda lisansüstü eğitim yapmaları teşvik edilebilir. Ayrıca kurumda çalışan personele ilgili konularda eğitimler verilebilir. Bu sayede ekosistem yönetimi konusunda oldukça etkin bir meslek mensubu olan orman mühendislerinin bu konudaki bilgi ve tutumları geliştirilebilir. Katılımcıların üstlendikleri görevler ile değişkenler arasında istatistiksel olarak ilişkinin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılan analiz sonucunda SOY, ACB, CT, CK, SRF ve YKT değişkenleri ile

katılımcıların üstlendikleri görevler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Genç (2014) tarafından yapılan araştırmada orman işletmelerinde çalışan personelin üstlendikleri görev ile sertifikasyon bilgisi arasında anlamlı farklılık belirlenmemiştir. Yine Komut (2016) tarafından yapılan araştırmada orman işletmelerinde görev alan yöneticilerin sertifikasyon görüşleri arasında anlamlı farklılık bulunmamaktadır. Değişkenlerin katılımcıların sertifikalı birimde çalışma durumlarına göre farklılık gösterip göstermediğini test etmek için yapılan analizde SRF değişkeninin katılımcıların sertifikalı birimde çalışma durumlarına göre anlamlı farklılık gösterdiği anlaşılmıştır ($p<0,05$). Bu durum sertifikalı birimde çalışan orman mühendislerinin sertifikasyon konusunda farkındalık düzeyinin daha yüksek olduğunu ve çevreye karşı tutumlarının daha olumlu olduğunu göstermektedir. Ayrıca, CT, SOY, ACB, CK ve YKT değişkenleri katılımcıların sertifikalı birimde çalışıp çalışmadıklarına göre anlamlı farklılık göstermemektedir ($p>0,05$). Uygurtürk ve Şenoğlu (2021), tarafından Karabük Üniversitesinde öğrenim gören 500 öğrenci üzerinde yapılan anket bulgularına göre katılımcıların yeşil pazarlama tüketici farkındalığı ile demografik düzeyleri arasında anlamlı farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir. Sarıtaş (2018), tarafından gençlerin yeşil ürünlere karşı tutum düzeyinin irdelenmesi amacıyla yapılan araştırmada çevreye duyarlı ürün bilincinin cinsiyete göre anlamlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Bayram ve Üçüncü (2022) tarafından orman ürünleri sektöründe yeşil pazarlamaya yönelik tutum ve davranışları irdelenmiş; yeşil pazarlamanın cinsiyete göre anlamlı farklılık göstermediği, eğitim durumlarına, medeni duruma ve yaşa göre ise anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Öcel ve Uzundal (2019)

tarafından araştırmada yeşil ürün farkındalığının satın alma niyeti üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan araştırmada elde edilen bulgulara göre yeşil ürün farkındalığı boyutlarından yeşil ürün tanıtım faaliyetleri, çevresel kaygı ile etki grupları ile satın alma niyeti arasında pozitif yönde anlamlı ilişkiler ortaya çıkmıştır. Tatar (2021) tarafından çevresel sorunlara duyarlılığın sürdürülebilir tüketim davranışına etkisi üzerine yapılan araştırma bulgularına göre çevre sorunlarına karşı duyarlılık ve sürdürülebilir tüketim davranışı cinsiyet, medeni durum, eğitim durumu vb. demografik özelliklere göre anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir. Boz vd. (2020) tarafından yeşil pazarlama faaliyetlerinin tüketici üzerindeki etkisi üzerine yapılan araştırma bulgularına göre demografik değişkenler ile çevre duyarlılığı ve tüketici satın alma kararı arasında anlamlı farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Kuduz (2011) tarafından yeşil pazarlama faaliyetlerinin tüketicilerin satın alma davranışlarına etkilerinin belirlenmesine yönelik yapılan araştırma bulgularına göre çevre duyarlılığı demografik özellikler açısından anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir. Araştırmada değişkenler arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla yapılan korelasyon analizi bulgularına göre ise SOY ile SRF ve SOY ile YKT arasında negatif yönlü ve anlamlı ilişki olduğu görülmektedir. Öte yandan SRF ile CK ve CK ile YKT arasında zayıf düzeyde pozitif ve anlamlı ilişkinin olduğu görülmektedir. Nitekim literatürde yapılan araştırmalar incelendiğinde CK'nın YKT'yi pozitif yönde etkilediği (Uyar, 2019), çevresel sorunlara duyarlılık ile sürdürülebilir tüketim davranışı arasında pozitif ve anlamlı ilişki olduğu (Tatar, 2021) tespit edilmiştir. Araştırma bulgularına bakıldığında zaman sonuçların literatürdeki bulgular ile benzerlik gösterdiği söylenebilir. Yeşil ürüne iyi örneklerden biri olan sertifikalı ürünlerin temini, piyasaya arzı ve orman endüstri işletmeleri tarafından yeşil ürün farkındalığının artırılması noktasında orman mühendislerine önemli görevler düşmektedir. Araştırma bulguları incelendiğinde SOY, ACB, CT, CK, SRF ve YKT konusunda orman mühendislerinin farkındalık düzeylerinin artırılmasına yönelik çalışmaların yapılması gerektiği söylenebilir.

Kaynaklar

- Akehurst, G., Afonso, C., Goncalves, H.M., 2012. Re-examining green purchase behaviour and the green consumer profile: new evidences. *Management Decision*, 50(5): 972-988.
- Aksu, S., 2019. Yeşil ürün iletişimi kapsamında tüketicilerin yeşil ürünlere yönelik değerlendirmeleri. *Ata İlet Dergisi*, 17: 21-38.
- Akyol, A., Üçok, G., 2008. Sertifikasyon kavramı ve ülkemiz ormancılığında durum. IV. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrencileri Kongresi, 8-9 Mayıs, Düzce, s.301-310
- Ayyıldız, H., Genç, K.Y., 2008. Çevreye duyarlı pazarlama: Üniversite öğrencilerinin çevreye duyarlı pazarlama uygulamaları ile ilgili tutum ve davranışları üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 12: 505-527.
- Bahçecik, D., Talebi, N., 2020. Yeşil pazarlama. İşletmelerin yeşil pazarlamaya yönelme nedenleri. *ABMYO Dergisi*, 15(59): 223-247.
- Bayram, B.Ç., Üçüncü, T., 2022. Hane halkının orman ürünleri sektöründe yeşil pazarlamaya dair tutum ve davranışlarının incelenmesi: Kastamonu örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 23(1): 102-112.
- Boz, D., Duran, C., Başköy, S., 2020. Yeşil pazarlama faaliyetlerinin tüketiciler üzerindeki etkileri. *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 15(22): 1346-1372.
- Boztepe, A., 2011. Green marketing and its impact on consumer buying behavior. Yüksek Lisans Tezi, Fatih Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Büyükoztürk, Ş., 2002. Faktör analizi: Temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 32(32): 470-483
- Büyükoztürk, Ş., 2012. Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı. Pegem Akademi Yayınları, Ankara
- Can, A., 2014. SPSS ile Bilimsel Araştırma Sürecinde Nicel Veri Analizi. Pegem Akademi Yayınları, Ankara
- Chan, R., 2001. Determinants of chinese consumers' green purchase behavior. *Psychology and Marketing*, 18(4): 389 – 413.
- Çakır, M., Çakır, F., Usta, G., 2010. Üniversite öğrencilerinin tüketim tercihlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 2(2): 87-94.
- Çok, N., Öztürk, A., Doğaner, A., Okur, A., Polat, O., Pak, M., 2017. Odun işleyen firmaların endüstriyel odun hammadde temin sürecinin araştırılması: (Güneydoğu Anadolu Bölgesi Örneği). *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 4(1): 61-76.
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G., Büyükoztürk, Ş., 2012. Sosyal Bilimler İçin Çok Değişkenli İstatistik: SPSS ve Lisrel Uygulamaları. Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara.
- Duru, M.N., Şua, E., 2013. Yeşil pazarlama ve tüketicilerin çevre dostu ürünleri kullanma eğilimleri. *Ormancılık Dergisi*, 9(2): 126-136.
- Durusoy, İ., 2002. Sertifikalandırma ve Türkiye ormancılığında gerekliliği, olabilirliği, uygulaması sürecinde karşılaşılan muhtemel darboğazların ve fırsatların irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dülgeroğlu, İ., Başol, O., Öztürk Başol, R., 2016. Genç tüketicilerin yeşil tüketim davranışı: Uluslararası algı farklılıkları. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8(15): 1-16.
- Düzgün, Z., 2015. Tüketicilerin pazarlama karması algısı ve satın alma tarzlarının müşteri memnuniyeti, markaya duyulan güven ve tüketici temelli marka değeri üzerindeki etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Doğu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- 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 sportmenlik düzeyleri ile ilişkisi. *OPUS*, 18(43): 6732-6763.
- Erciş, A., Kurnuç, M., Türk, B., 2016. Kolektivist kültür, yeşil tutum ve davranışın yeşil ürünlere daha fazla ödeme isteği üzerindeki etkisi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Afro-Avrasya Özel Sayısı-Aralık: 160-178.
- Eroğlu, A., 2008. Faktör analizi. spss uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri, Asil Yayın Dağıtım, Ankara, s. 321-331.
- Esty, D.C., Winston, A.S., 2007. Yeşilden Altına-Akıllı Şirketler Çevreci Stratejiler ile Nasıl Avantaj Yaratır? MediaCat Kitapları, İstanbul.
- Field, A., 2000. *Discovering Statistics Using SPSS For Windows*. Sage Publications, New Delhi.
- FSC, 2020. Forest stewardship council, <https://fsc.org/en/about-us/25-years-of-fsc>, Accessed: 22.02.2023.
- Gedik, T., Çil, M., Başak, Z., Yıldız, Ş., 2015. Düzce orman ürünleri sanayi işletmelerinin yeşil pazarlama konusunda tutum ve davranışlarının incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3: 633-643.
- Genç, A., 2014. Orman yönetim sertifikası uygulamasında karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri (Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Örneği). Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Grundey, D., Zaharia, R.M., 2008. Sustainable incentives in marketing and strategic greening: The cases of lithuania and Romania. *Technological and Economic Development of Economy*, 14(2): 130-143.
- Hakverdi, A.E., 2020. Türkiye'de sürdürülebilir orman yönetimi kriter ve göstergelerinin değerlendirilmesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21(3): 332-343.
- Harrington, D., 2009. *Confirmatory Factor Analysis*. Oxford University Press, New York, pp. 21-35.
- Jain Sanjay, K., Gurmeet, K., 2004. Green Marketing: An attitudinal and behavioural analysis of indian consumers. *Global Business Review*, 5(8): 187-205.
- Jaiswal, D., Kant, R., 2018. Green purchasing behaviour: A conceptual framework and empirical investigation of Indian consumers. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 41: 60-69.

- Kanbak, A., 2015. Üniversite öğrencilerinin çevresel tutum ve davranışları: Farklı değişkenler açısından Kocaeli Üniversitesi örneği. *KOSBED*, 30: 77-90.
- Karadeniz, H., 2020. Yeşil pazarlamanın tüketici satın alma davranışlarına etkisi: Giresun Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi öğrencileri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Sosyal Bilimler Üniversitesi, Giresun.
- Kaya, M.F., 2013. Sürdürülebilir kalkınmaya yönelik tutum ölçeği geliştirme çalışması. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 28: 175-193.
- Koç, M., 2016. Orman ürünleri pazarlarında sertifikalı ürünlerin analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koçak, S., Tolunay, A., Türkoğlu, T., 2017. Türkiye’de orman sertifikasyonu uygulamalarının orman kaynakları yönetimine etkileri. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 18(1): 49-56.
- 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.
- Komut, O., 2020. Sürdürülebilirlik çerçevesinde Türkiye’deki orman ve orman ürünleri sertifikasyonu. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 11: 257-265.
- Kuduz, N., 2011. Yeşil pazarlama faaliyetlerinin tüketicilerin satın alma davranışlarına etkilerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Laroche, M., Bergeron, J., Barbaro, F.G., 2001. Targeting consumers who are willing to pay more for environmentally friendly products. *Journal of Consumer Marketing*, 18(6): 503-520.
- Milford, T.L., Duckitt, J., 2010. The environmental attitudes inventory: A valid and reliable measure to assess the structure of environmental attitudes. *Journal of Environmental Psychology*, 30: 80-94.
- Mishra, P., Sharma, P., 2010. Green marketing in India: Emerging opportunities and challenges. *Journal of Science and Management Education*, 3: 9-14.
- Mostafa, M., 2006. Gender differences in Egyptian consumers’ green purchase behaviour: The effects of environmental knowledge, concern and attitude. *International Journal of Consumer Studies*, 31(3): 220-229.
- Nakıboğlu, M.A.B., 2003. Çevreci pazarlama anlayışı ve tüketicilerin çevre tutumlarının tüketici davranışları üzerindeki etkisi ile ilgili bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Neale, M.N., Liebert, R.M., 1980. *Science and Behavior: An Introduction to Methods of Research*. Prentice-Hall International, Inc. London.
- Nunnally, J.C., Bernstein, I.H., 1994. *Psychometric Theory*, McGraw Hill, New York.
- OGM, 2020. Orman genel müdürlüğü 2020 yılı performans programı, <https://www.ogm.gov.tr/lists/duyurular/attachments/1045/orman%20genel%20m%c3%9cd%c3%9cr1%c3%9c%202020%20yılı%20performans%20>, Erişim: 21.02.2023
- Ok, K., 2013. Dünya ormancılığında güncel tartışmalar ve türk ormancılığına olası yansımaları. Türkiye Ormanlıklar Derneği içinde Türkiye ormancılığının son 10 yılını tartışıyoruz, Türkiye Ormanlıklar Derneği Yayını, Öztepe Matbaacılık, Ankara, s. 25-58.
- Öcel, Y., Uzundal, E., 2019. Yeşil ürün farkındalığının satın alma niyeti üzerine etkisi. Yaşar University Business and Organization Research International Conference, 4-6 Eylül, İzmir, s: 869-882
- Özdamar, K., 2002. Paket programlar ile istatistiksel veri analizi, Kaan Kitabevi, Eskişehir, s: 661-667.
- Paul, G., Ulusoy, E., 2016. How green are you, really? Consumers skepticism toward brands with green claims. *Journal of Global Responsibility*, 7(1): 72-83.
- Sarıtaş, A., 2018. Gençlerin yeşil ürünlere karşı tutumlarının bazı demografik değişkenlere göre incelenmesi. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 22(2): 557-580.
- Sert, A., 2017. Yeşil pazarlama ve tüketicilerin satın alma davranışları: Üniversite öğrencilerine yönelik bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Nişantaşı Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Sipahi, B., Yurtkoru, S., Çinko, M., 2006. *Sosyal Bilimlerde SPSS’le Veri Analizi*, Beta BasımYayım, İstanbul.
- Schumacker, R.E., Lomax, R.G., 2004. *A Beginner’s Guide to Structural Equation Modeling*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Mahwah, New Jersey.
- Straughan, R.A., Roberts, J.A., 1999. Environmental segmentation alternatives: A look at green consumer behavior in the new millennium. *Journal of Consumer Marketing*, 16(6): 558-575.
- Şen Demir, Ş., Kozak, M., 2013. *Tüketici Davranışları*. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Tatar, A., 2021. Çevresel sorunlara duyarlılığın sürdürülebilir tüketim davranışına etkisi. *International Journal of Management and Administration*, 5(9): 103-117.
- Tavaşnel, E., 2002. Tutumların ölçülmesi ve spss ile veri analizi, Atlas Yayınları, Ankara, s:16-61.
- Taylor, S., Todd, P., 1995. An integrated model of waste management behavior: A test of household recycling and composting intentions. *Environment and Behavior*, 27: 603-630.
- Türk, M., Gök, A., 2010. Yeşil pazarlama anlayışı açısından üretici işletmelerin sosyal sorumluluğu. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(32): 199-220.
- Türkoğlu, T., 2011. Türkiye’deki orman endüstrisi işletmelerine sürdürülebilir orman yönetimi çerçevesinde odun hammaddesi tedariki ve orman ürünlerinin sertifikasyonu. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Uyar, A., 2019. Yeşil satın alma davranışı belirleyen unsurların yapısal eşitlik modeli ile belirlenmesi. *Ekev Akademi Dergisi*, 23(77): 24-26.
- Uydacı, M., 2002. "Yeşil Pazarlama" İş Ahlakı ve Çevresellik Açısından Yaklaşımlar. *Türkmen Kitabevi*, İstanbul.
- Uygurtürk, H., Şenoğlu, P., 2021. Karabük Üniversitesi öğrencilerinin “yeşil pazarlama” farkındalık düzeyinin tespit edilmesi üzerine bir araştırma. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 24(1): 71- 82.
- Ünver, Ö., Gamgam, H., Altunkaynak, B., 2013. *Temel İstatistik Yöntemler*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Yılmaz, Ö.E., 2003. Sanayi işletmeleri açısından çevre ve yeşil pazarlama (Green Marketing).Yayımlanmamış Yüksek lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- Yılmaz, S., 2009. Yeşil pazarlama kapsamında Karadeniz Teknik Üniversitesi öğrencilerinin çevreye duyarlı ürünleri kullanma eğilimlerinin incelenmesine yönelik bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- Zinkhan, G.M., Carlson, L., 1995. Green advertising and the reluctant consumer. *Journal of Advertising*, 24(2): 1-6

Ekler

Ek Çizelge.1 SOY Ölçeği Anti-image Matrices

		soy_1	soy_2	soy_3	soy_4	soy_5
Anti-image Covariance	soy_1	0.769	0.007	-0.009	-0.128	-0.079
	soy_2	0.007	0.913	0.199	-0.001	0.041
	soy_3	-0.009	0.199	0.811	-0.089	-0.056
	soy_4	-0.128	-0.001	-0.089	0.402	-0.270
	soy_5	-0.079	0.041	-0.056	-0.270	0.420
Anti-image Correlation	soy_1	0,861^a	0.008	-0.011	-0.229	-0.139
	soy_2	0.008	0,719^a	0.231	-0.001	0.066
	soy_3	-0.011	0.231	0,807^a	-0.155	-0.095
	soy_4	-0.229	-0.001	-0.155	0,649^a	-0.656
	soy_5	-0.139	0.066	-0.095	-0.656	0,661^a

a. Measures of Sampling Adequacy(MSA)

Ek Çizelge. 2 ACB Ölçeği Anti-image Matrices

		acb_1	acb_2	acb_3	acb_4	acb_5	acb_6	acb_7
Anti-image Covariance	acb_1	0.957	0.027	0.024	0.039	-0.053	-0.039	0.141
	acb_2	0.027	0.737	-0.190	0.034	-0.130	-0.177	-0.033
	acb_3	0.024	-0.190	0.769	-0.075	-0.045	0.031	-0.200
	acb_4	0.039	0.034	-0.075	0.799	-0.176	-0.208	0.044
	acb_5	-0.053	-0.130	-0.045	-0.176	0.753	-0.087	-0.112
	acb_6	-0.039	-0.177	0.031	-0.208	-0.087	0.659	-0.196
	acb_7	0.141	-0.033	-0.200	0.044	-0.112	-0.196	0.697
Anti-image Correlation	acb_1	0,578^a	0.032	0.028	0.045	-0.062	-0.049	0.173
	acb_2	0.032	0,764^a	-0.253	0.044	-0.174	-0.255	-0.046
	acb_3	0.028	-0.253	0,745^a	-0.095	-0.059	0.043	-0.274
	acb_4	0.045	0.044	-0.095	0,705^a	-0.227	-0.287	0.059
	acb_5	-0.062	-0.174	-0.059	-0.227	0,803^a	-0.123	-0.155
	acb_6	-0.049	-0.255	0.043	-0.287	-0.123	0,725^a	-0.289
	acb_7	0.173	-0.046	-0.274	0.059	-0.155	-0.289	0,728^a

a. Measures of Sampling Adequacy(MSA)

Ek Çizelge. 3. CT Ölçeği Anti-image Matrices

		ct_2	ct_3	ct_4	ct_5	ct_6	ct_7	ct_10	ct_11	ct_12
Anti-image Covariance	ct_2	0.924	-0.114	-0.065	-0.024	0.050	-0.052	-0.040	-0.072	0.051
	ct_3	-0.114	0.736	-0.107	-0.136	0.134	0.083	0.031	-0.127	0.057
	ct_4	-0.065	-0.107	0.797	-0.251	-0.031	0.028	-0.090	-0.051	-0.002
	ct_5	-0.024	-0.136	-0.251	0.682	0.040	-0.025	0.174	-0.081	0.056
	ct_6	0.050	0.134	-0.031	0.040	0.813	-0.036	-0.161	0.046	-0.121
	ct_7	-0.052	0.083	0.028	-0.025	-0.036	0.855	-0.244	-0.011	0.073
	ct_10	-0.040	0.031	-0.090	0.174	-0.161	-0.244	0.722	0.044	-0.089
	ct_11	-0.072	-0.127	-0.051	-0.081	0.046	-0.011	0.044	0.886	-0.086
	ct_12	0.051	0.057	-0.002	0.056	-0.121	0.073	-0.089	-0.086	0.916
Anti-image Correlation	ct_2	0,752^a	-0.138	-0.076	-0.030	0.058	-0.059	-0.049	-0.079	0.056
	ct_3	-0.138	0,784^a	-0.139	-0.192	0.173	0.105	0.042	-0.158	0.069
	ct_4	-0.076	-0.139	0,654^a	-0.341	-0.039	0.034	-0.118	-0.061	-0.002
	ct_5	-0.030	-0.192	-0.341	0,712^a	0.054	-0.032	0.248	-0.104	0.070
	ct_6	0.058	0.173	-0.039	0.054	0,773^a	-0.043	-0.210	0.055	-0.140
	ct_7	-0.059	0.105	0.034	-0.032	-0.043	0,623^a	-0.310	-0.013	0.083
	ct_10	-0.049	0.042	-0.118	0.248	-0.210	-0.310	0,655^a	0.055	-0.110
	ct_11	-0.079	-0.158	-0.061	-0.104	0.055	-0.013	0.055	0,786^a	-0.095
	ct_12	0.056	0.069	-0.002	0.070	-0.140	0.083	-0.110	-0.095	0,691^a

a. Measures of Sampling Adequacy(MSA)

Ek Çizelge.4 CK Ölçeği Anti-image Matrices

		ck_1	ck_2	ck_3	ck_4	ck_6	ck_9	ck_10	ck_11
Anti-image Covariance	ck_1	0.603	-0.139	-0.114	-0.094	-0.037	-0.062	0.008	0.031
	ck_2	-0.139	0.454	-0.022	-0.146	-0.061	-0.210	0.141	-0.107
	ck_3	-0.114	-0.022	0.510	-0.121	-0.138	0.050	-0.090	-0.111
	ck_4	-0.094	-0.146	-0.121	0.562	-0.030	0.029	-0.058	-0.035
	ck_6	-0.037	-0.061	-0.138	-0.030	0.572	0.041	-0.226	0.045
	ck_9	-0.062	-0.210	0.050	0.029	0.041	0.586	-0.151	-0.108
	ck_10	0.008	0.141	-0.090	-0.058	-0.226	-0.151	0.530	-0.133
	ck_11	0.031	-0.107	-0.111	-0.035	0.045	-0.108	-0.133	0.620
Anti-image Correlation	ck_1	0,883^a	-0.266	-0.206	-0.162	-0.064	-0.105	0.014	0.050
	ck_2	-0.266	0,748^a	-0.046	-0.289	-0.119	-0.408	0.287	-0.202
	ck_3	-0.206	-0.046	0,861^a	-0.225	-0.255	0.092	-0.173	-0.197
	ck_4	-0.162	-0.289	-0.225	0,883^a	-0.054	0.050	-0.105	-0.059
	ck_6	-0.064	-0.119	-0.255	-0.054	0,809^a	0.070	-0.410	0.075
	ck_9	-0.105	-0.408	0.092	0.050	0.070	0,777^a	-0.270	-0.179
	ck_10	0.014	0.287	-0.173	-0.105	-0.410	-0.270	0,719^a	-0.232
	ck_11	0.050	-0.202	-0.197	-0.059	0.075	-0.179	-0.232	0,866^a

a. Measures of Sampling Adequacy(MSA)

Ek Çizelge.5 SRF Ölçeği Anti-image Matrices

		srf_1	srf_2	srf_3	srf_4	srf_6	srf_7	srf_8	srf_9
Anti-image Covariance	srf_1	0.439	-0.157	-0.071	-0.025	-0.010	-0.020	-0.063	0.005
	srf_2	-0.157	0.308	-0.042	-0.059	-0.035	-0.127	-0.009	-0.013
	srf_3	-0.071	-0.042	0.505	-0.162	-0.046	0.055	-0.147	0.094
	srf_4	-0.025	-0.059	-0.162	0.430	-0.094	-0.048	0.006	0.009
	srf_6	-0.010	-0.035	-0.046	-0.094	0.409	-0.166	-0.024	0.010
	srf_7	-0.020	-0.127	0.055	-0.048	-0.166	0.378	0.010	0.017
	srf_8	-0.063	-0.009	-0.147	0.006	-0.024	0.010	0.540	-0.338
	srf_9	0.005	-0.013	0.094	0.009	0.010	0.017	-0.338	0.675
Anti-image Correlation	srf_1	0,890^a	-0.427	-0.151	-0.058	-0.024	-0.048	-0.130	0.008
	srf_2	-0.427	0,860^a	-0.106	-0.163	-0.100	-0.372	-0.021	-0.028
	srf_3	-0.151	-0.106	0,844^a	-0.347	-0.100	0.126	-0.281	0.161
	srf_4	-0.058	-0.163	-0.347	0,900^a	-0.224	-0.120	0.012	0.016
	srf_6	-0.024	-0.100	-0.100	-0.224	0,885^a	-0.421	-0.051	0.019
	srf_7	-0.048	-0.372	0.126	-0.120	-0.421	0,842^a	0.022	0.034
	srf_8	-0.130	-0.021	-0.281	0.012	-0.051	0.022	0,697^a	-0.560
	srf_9	0.008	-0.028	0.161	0.016	0.019	0.034	-0.560	0,476^a

a. Measures of Sampling Adequacy(MSA)

Ek Çizelge.6 YKT Ölçeği Anti-image Matrices

		ykt_1	ykt_2	ykt_3	ykt_5	ykt_6	ykt_7	ykt_8	ykt_9	ykt_11	
Anti-image Covariance	ykt_1	0,316	-0,153	-0,169	-0,012	0,044	-0,028	0,073	-0,043	-0,085	
	ykt_2	-0,153	0,354	-0,049	-0,009	0,032	-0,052	-0,005	-0,097	-0,090	
	ykt_3	-0,169	-0,049	0,465	-0,119	-0,077	0,055	-0,091	0,111	-0,024	
	ykt_5	-0,012	-0,009	-0,119	0,525	-0,099	-0,117	-0,023	0,007	0,060	
	ykt_6	0,044	0,032	-0,077	-0,099	0,375	-0,228	0,022	-0,068	0,011	
	ykt_7	-0,028	-0,052	0,055	-0,117	-0,228	0,360	0,004	-0,016	0,012	
	ykt_8	0,073	-0,005	-0,091	-0,023	0,022	0,004	0,853	-0,207	-0,034	
	ykt_9	-0,043	-0,097	0,111	0,007	-0,068	-0,016	-0,207	0,561	-0,159	
	ykt_11	-0,085	-0,090	-0,024	0,060	0,011	0,012	-0,034	-0,159	0,543	
	Anti-image Correlation	ykt_1	0,776^a	-0,457	-0,441	-0,029	0,127	-0,083	0,140	-0,102	-0,205
		ykt_2	-0,457	0,836^a	-0,121	-0,020	0,087	-0,145	-0,010	-0,217	-0,206
ykt_3		-0,441	-0,121	0,770^a	-0,241	-0,185	0,135	-0,145	0,218	-0,048	
ykt_5		-0,029	-0,020	-0,241	0,854^a	-0,222	-0,270	-0,034	0,014	0,112	
ykt_6		0,127	0,087	-0,185	-0,222	0,697^a	-0,620	0,038	-0,149	0,025	
ykt_7		-0,083	-0,145	0,135	-0,270	-0,620	0,730^a	0,007	-0,036	0,027	
ykt_8		0,140	-0,010	-0,145	-0,034	0,038	0,007	0,642^a	-0,299	-0,050	
ykt_9		-0,102	-0,217	0,218	0,014	-0,149	-0,036	-0,299	0,777^a	-0,289	
ykt_11		-0,205	-0,206	-0,048	0,112	0,025	0,027	-0,050	-0,289	0,859^a	

a. Measures of Sampling Adequacy(MSA)

Açık artırmalı satışlarda talep analiz yaklaşımlarının karşılaştırılması ve pazarlama yönetimi: Çerkeş Orman İşletmesi Örneği

Kenan Ok^a, Güven Kaya^{b,*}

Özet: Çalışmanın araştırma alanı Çerkeş Orman İşletmesidir. Araştırmada 2017 Mayıs ve 2018 Haziran arasında yapılmış 13 ayrı açık artırmalı satışta yer almış Sarıçam, Karaçam ve Gökmar 3. Sınıf normal boy (3SNB) tomruk talebi incelenmiştir. Araştırmanın ana amacı aynı satışlardan üretilmiş veri setleri kullanarak *toplam satış hacmi* ve *toplam teklif düzeyleri* şeklinde tanımlanmış iki ayrı yaklaşımla, incelenen ürünlerin ayrı ayrı talep fonksiyonlarını hesaplamak, elde edilen fonksiyonların iktisadi ve istatistik açıklayıcılıklarını karşılaştırmaktır. Çalışmada uygun fonksiyonların, pazarlama programlarının geliştirilmesinde kullanım olanaklarını tartışmak ikincil bir hedef olarak ele alınmıştır. Araştırmada çoklu korelasyon ve regresyon analizlerinden yararlanılmıştır. Sonuç olarak, *toplam teklif düzeyleri* yaklaşımıyla üretilen verilere dayalı çoklu korelasyon ve regresyon analizlerinin, Sarıçam, Karaçam ve Gökmar 3SNB tomruk talep denklemlerini istatistik açıdan güven düzeyi daha yüksek bir şekilde üretebildiği, denklemlerin iktisadi ilişkileri daha doğru yansıtabildiği saptanmıştır. Elde edilen talep denklemlerine dayanarak hesaplanan pozitif çapraz esneklik değerleri, Çerkeş OİM'nin Karaçam ve Sarıçam ile Gökmar ve Sarıçam 3SNB tomrukları arasında "ikame mal" ilişkisi olduğunu, bulunan negatif çapraz esnekliklerden ise Gökmar ve Karaçam 3SNB tomrukları arasında "tamamlayıcı mal" ilişkisi bulunduğunu ortaya çıkarmıştır.

Anahtar kelimeler: Toplam talep, Fiyat teklifi, Tomruk, Elastikite, Tamamlayıcı mal, İkame mal

Comparison of demand analysis approaches in auction sales and marketing management: The Case of Çerkeş Forest Enterprise

Abstract: Research areas of the study is Çerkeş Forest Enterprise. In the study, demand of logs of third class normal length (3SNB) Austrian pine, Scotch pine, and fir logs included in the 13 sales by auction conducted between 2017 (May) and 2018 (June) were investigated. The main aim of the research is to calculate the demand functions of the products examined, to compare the functions regarding characteristics of statistic and economic by using two different approaches defined as "total sales volume" and "total offer level" and the data sets produced from the same sales. Secondary aim of the study is to discuss the possibilities of using the appropriate demand functions for improving the marketing programs. Multiple correlation and multiple linear regression analysis were used in the research. As a result, it has been determined that multiple correlation and regression analyzes based on the data produced with the total offer levels approach can produce the log demand equations for Austrian pine, Scotch pine, and fir with a higher statistical confidence level and that the equations can reflect the economic rules more accurately. Negative cross elasticities calculated from demand equations generated for the Çerkeş Forest Enterprise show that the fir logs and Austrian pine logs are the complementary goods. Positive values of cross elasticities prove that Austrian pine - Scotch pine logs and fir - Scotch pine logs are substitute goods in the Çerkeş.

Keywords: Aggregate demand, Bid, Log, Elasticity, Complementary goods, Substitute goods

1. Giriş

Doğadakine benzer şekilde, işletmelerin pazarlamaya yaklaşımı da evrimsel bir şekilde değişmektedir. Toplumsal değişim ve iktisadi düşüncedeki gelişmelerin etkisi altında, işletme yöneticilerinin pazarlama konularına yaklaşımlarının genellikle *üretim*, *satış* ve *pazarlama anlayışı* (Mucuk, 1994; İltel ve Ok, 2012) şeklinde üç ayrı dönemden geçtiği ifade edilmektedir.

Yaygın kabule göre, *üretim anlayışlı* işletme yöneticilerinin mesaileri genellikle "üretim miktarının nasıl daha fazla artırılabilir" üzerine düşünceler geliştirmekle geçmektedir. Bu tip işletmeler dünya genelinde, sanayi devrimi ile büyük buhran arasındaki dönemde görülmüşse de,

halen arz açığı bulunan ortamlarda yaşamaya devam etmektedir.

Talep düşüklüğünün, üretim sürekliliğini tehdit eder bir hal alabileceğinin hissedilmeye başlanmasıyla birlikte, işletme yöneticileri arasında satışları yükseltecek arayışlar hızla artmıştır. İşletme yöneticileri; satış ekiplerini sayı ve nitelik olarak güçlendirmek, tutundurma çalışmalarını artırırken yeni baskılı satış teknikleri geliştirmek ve kullanmak şeklindeki uygulamalara yönelmiş ve bu gibi işlerin mesaileri içerisinde kapladığı pay hızla çoğalmıştır. Daha çok üretmenin işletme sürekliliği için yeterli olmadığını anlaşıldığı bu dönemde "*satış düzeyi*" odak nokta haline gelmiş ve "*ne üretirsen üret yeter ki satmasını bil*" şeklinde özetlenen (Mucuk, 1994) bir felsefeyi

✉ ^a İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Ormanlık Ekonomisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

^b Marmara Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): guvenkaya@ogm.gov.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 17.04.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 02.06.2023



Citation (Atf): Ok, K., Kaya, G., 2023. Açık artırmalı satışlarda talep analiz yaklaşımlarının karşılaştırılması ve pazarlama yönetimi: Çerkeş Orman İşletmesi Örneği. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 99-110.

DOI: [10.18182/tjf.1284415](https://doi.org/10.18182/tjf.1284415)

uygulayan *satış anlayışlı* işletmeler dönemi başlamıştır. Gerçekten de, ilk zamanlar satışa odaklanmak işe yarar gibi görünse de, özellikle müşteri isteklerine yanıt veremeyen, tatminini sağlayamayan işletmelerin “satış sürekliliğini” de sağlayamadığı ortaya çıkmıştır. Müşterinin istemediği miktar ve nitelikteki malların, hedef kitlenin ilgilenmediği bir fiyat ve dağıtım anlayışıyla pazarlanmasının, piyasadan olumlu tepki alamadığı ortaya çıkmıştır. Müşterilerin tatminini temel almayan tutundurma çalışmalarının etkin olmadığı, işletme - müşteri memnuniyet sürekliliğinin yakın ilişki içerisinde olduğu görülmüş ve *satış anlayışlı* işletmeler “*pazarlama anlayışlı*” işletmelere dönmeye başlamıştır.

Türkiye'nin sürekli yaşadığı odun arz açığı, özellikle odun hammaddesi ithalatının henüz genişlemeye başlamadığı 1980'li yıllar öncesinde, “devlet orman işletmelerine memleket içinde daima müsait piyasa şartları sunmuş (Miraboğlu, 1958)” ve Orman Genel Müdürlüğü (OGM), monopol bir piyasada faaliyet gösterebilmiş ve bu piyasanın kendisine sunduğu olanaklarla, müşteri taleplerini dikkate almadan, ne üretirsem onu satarım anlayışlı bir işletmecilik yaklaşımını izlemişse de, depolarda satılmadan kalan orman emvalleriyle karşılaşmış, stoklarda oluşan kayıplar sürekli dile getirilmiş ve orman işletmelerinin de “*bir pazarlama üst mefhumu altında, satış, reklam gibi hususlardan yararlanılması* (Miraboğlu, 1970)” gerektiği ifade edilmiştir. İşletmelerin ürünlerine olan talebi, talep yönelimlerini kesinlikle bilerek üretimlerini planlamaları, üstelik bunun her işletme özelinde yapılması gerektiği (Acun, 1977) görülmüş, fakat arzu edilen araştırmalar bir türlü yapılamamıştır. Bu kapsamda, müşteri isteklerinin saptanması, ürün çeşitlerine göre talep düzeylerinin belirlenmesi, depo yerlerinin ve açık artırmalı satışların olası alıcıların isteklerine göre düzenlenmesi gerektiği (ÇOB, 2004) ifade edilse de “*üretilenin satılması* biçiminde özetlenebilen” (İlter ve Ok, 2012) bir pazarlama anlayışı Türkiye orman işletmelerine hakim olmuştur.

Oysa ister ormancılık ister ormancılık dışında faaliyet gösteren çağımız işletmelerinin müşterinin istediği nitelikte, yerde ve zamanda, yine müşterinin verdiği değerlere saygı gösteren bir pazarlama programı oluşturması gerekmektedir. Üstelik güncel pazarlama anlayışının, sadece pazarlama çalışmalarını yönlendiren bir bakışla sınırlı kaldığını düşünmek de olanaksızdır. İşletmelerin, pazarlama programları hazırlanmadan önce tamamlanmış olması gerektiği sanılan üretim ve tedarik işlerinden, insan kaynakları planlamasına kadar pek çok yönetsel işlevin etkin bir şekilde yapılabilmesinin, pazarlama programından gelecek bilgiye ihtiyaç duyduğu ortaya çıkmıştır. Üretim ve tedarik için gerekli bütçe ile pazarlama başarısının yaratabildiği finansal olanakların yakın ilişkisi görülmüş ve üretilen ürünlerin, bunların ikame ve tamamlayıcı mallarının, mevcut ve gelecekteki talebinin nitel ve nicel özelliklerinin, üretim öncesinden bilinmesi gerektiği anlaşılmıştır. Müşterinin istediği boy ve çeşitte hazırlanmamış ürünlerin satılmadan depolarda kaldığı, olası alıcıların istediği miktar ve çeşitte üretim yapılması gereği ortaya çıkmıştır. Bu da, talep analizlerine dayalı çalışmalara duyulan gereksinimin artmasına neden olmuştur.

Türkiye’de gözlenen bu gereksinimler, aslında yurt dışında da gözlenmiş ve yatkın kurallara uyan bir talep fonksiyonu belirlemeden yatırımların olası dönüşleri ile fiyat değişimlerinin olası etkilerinin belirlenemeyeceği, bu tahminlere dayanmadan hasat planlarının hazırlanamayacağı belirtilmiştir. Bu gerekçelerle, örneğin Montana’da yapılan

bir çalışmada (Majerus, 1982), tüketicilerin nihai ürün taleplerinden yola çıkarak kereste talebi tahmin edilmiştir. Daniels ve Hayde (1986) ise tarife bedeli ve nihai mal fiyatlarına dayalı talep tahmin ederken, yine tarife bedeli ve dikili servete dayalı arz denklemi oluşturmuş ve bu fonksiyonları eş zamanlı bir modelde birleştirerek, North Carolina’da odun arz ve talebini tahmin etmiştir. Sendak (1991) ise, Vermont’daki Green Mountain Ulusal Ormanı için yaptığı çalışmada, açık artırmalı satışları ve bu satışlara katılan alıcıların tekliflerini temel alan bir yaklaşım geliştirmiş ve Tobit analiziyle odun çeşitlerinin satış fiyatı tahmin eden fonksiyonlar üretmeye çalışmıştır.

Günümüzde özellikle Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD) farklı odun çeşitleri ve ölçeklerinde talep tahminlerinin düzenli olarak yapıldığı, araştırma kurumları ve üniversitelerin yöntem geliştirme ve raporlama konusunda periyodik analizlerle sürekli bilgi desteği verdiği bilinmektedir. Daniels vd. (2016), Tongass ulusal ormanının planlanması için gerekli talep yanlı bilgileri üretmek üzere, 1990 yılından beri sürdürülen çalışmaların bir parçası olarak, düzenli aralıklarla ve karşılaştırılabilir bir yaklaşımla tekrarlanan beşinci analizi gerçekleştirirken, Georgia Üniversitesi (UGA) Warnell Orman Kaynakları Okulu (WSF) Orman İşletmeciliği Merkezi (CFB), üretici ve tüketicilerin kararlarını desteklemek üzere Timber Mart South (TMS) ve Wood Demand Report (WDM) isimli iki ayrı raporu düzenli olarak yayınlamaktadır. TMS isimli raporda ABD’nin güneyinde yer alan 11 eyaletteki fiyatlarla ait analizlere yer verilirken (UGAWSF, 2019), WDR isimli raporda ise, güney doğu Amerika’dan 12 eyalet izlenmektedir. Bu raporda talep düzeyleri, kapasite kullanımları takip edilmekte ve Çam kereste, yapraklı kereste, kağıt hamuru, odunu ve yongalık çam ile yapraklı kağıtlık odun fiyatları tahmin edilmektedir. Çam kereste fiyatının inşa edilen konut miktarı, doğramalık kereste fiyatı, işsizlik oranı ve akaryakıt fiyatlarının bir fonksiyonu olduğu, yapraklı kereste talebinin ise inşa edilen konut, işsizlik ve akaryakıt fiyat düzeylerine göre değiştiği kabul edilmiştir (UGACFB, 2019).

Yukarıdaki örnekler göstermektedir ki, her piyasanın ve ürünün aynı değişkenlerle izlenmesi olanaksızdır. İşletmelerin kendi pazarlarında hangi ürünleri takip edeceklerini ve bu ürünler için hangi bağımsız değişkenleri izlemenin yeterli olacağını bilmesi gereklidir. Örnek çalışmalar, talebin farklı yaklaşımlarla tahmin edilebileceğini ve kullanılacak yöntemin, çalışılan piyasanın tek veya çok aktörlü olması, satış geleneğinin açık artırma veya pazarlık gibi hangi yöneme dayandığı şeklindeki farklı özellikler ve olası veri kaynaklarının uygunluğundan etkilendiğini göstermektedir.

OGM, zaman zaman orman işletmelerinin açık artırmalı satışlarında anket yaparak müşterilerin beklentilerini saptamaktadır. Ancak bu çalışmalar metodik ve sistematik olmayıp, genellikle istenen tomruk boyutlarının saptanması gibi, talebin nitel özellikleriyle ilgilidir. OGM, taleple ilgili parametrelerin tahminini gerektiren pazara dönük bir yaklaşıma geçme girişimlerinde bulunmuşsa da, üretim ve pazarlama çalışmaları halen biyofiziksel özelliklere dayanan orman amenajman planları ve işletme yöneticilerinin sezgisel kararları çerçevesinde yürütülmektedir. Diğer yandan, Dilsiz (2008)’in Yığılca Orman İşletme Müdürlüğü (ÖİM) açık artırmalı satışlarında ölçtüğü müşteri memnuniyeti ve beklenti düzeylerinin, pazarlama anlayışlı bir işletmeciliğe geçiş için gerekli olduğu, ancak hedef pazarca talep edilen

miktar ve olası arz düzeylerine karşı ödenmeye hazır fiyatlar noktalarında yetersiz kaldığı bilinmelidir. Benzer şekilde, Türkiye’de ulusal düzeyde endüstriyel yuvarlak odun (Kayacan vd., 2012a), yakacak odun (Kayacan vd., 2012b) ve ithal kereste (Kayacan vd., 2013) talebinin tahminine yönelik araştırmalar mevcuttur. Ulusal talep analizleri, bir bütün olarak OGM’nin olası pazarlama kararları için oldukça yararlı bilgiler üretebilirken, işletmelerin karşılaştığı farklı mal karmaları ve piyasa koşullarında, yerel düzeyde politikalar geliştirmekte yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, talep analizlerinin hem ulusal, hem yerel ölçeklerde uygulanması ve birbirlerini destekleyecek bir bütünsellikte planlanması gereklidir.

Türkiye’nin orman işletmeleri ölçeğinde Bartın ve Yenice OİM’lerinde açık artırmalı 3. Sınıf Normal Boy (3SNB) Kayın tomruk talep fonksiyonu (Daşdemir, 2003), Kahramanmaraş ve Adıyın OİM’lerde açık artırmalı Kızılçam 3SNB tomruk talep fonksiyonu (Demirel, 2006) basit regresyon yöntemiyle bulunmuştur. Ayrıca Başkalkan (2011), Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Bucak ve Sütçüler OİM’lerde Kızılçam 3SNB tomruk açık artırmalı satış fiyatlarının oluşumunu ve etkileyen faktörleri incelediği araştırmasında, doğrudan talep fonksiyonu türetme de, korelasyon analizi ile satış fiyatı ve birçok değişkenin yanı sıra, talep değişkeni arasında ilişkiyi araştırmıştır. Orman işletmesi düzeyinde yapılan üç araştırmada da bir açık artırmalı satış ihalesinde ortalama satış fiyatı ile satılan mal miktarı değişkenleri arasında negatif ilişki bulunmuş, basit regresyon yaklaşımıyla negatif eğimli bir talep fonksiyonu türetilmiştir. Daşdemir (2003), Demirel (2006) ve Başkalkan (2011)’in çalışmalarında, açık artırmaya çıkan her satış partisi için satın alınan miktar “talep edilen miktar” olarak kabul edilmiştir. Oysa aynı açık artırmaya pek çok kişi katılmış ve bazıları satışı yapılan hiçbir ürünü satın alamadan, bir başka deyişle, “talepleri karşılanmamış” olarak satıştan ayrılmıştır. Bu nedenle, bir açık artırmada “karşılanabilmiş ve karşılanamamış” iki ayrı talebin olduğunun dikkate alınması gereklidir. Her açık artırmada sadece alım yapabilmiş müşterinin satın aldığı düzeyi dikkate alan bu yaklaşım, Kayacan vd. (2012a) tarafından ulusal düzeyde uygulanmıştır. Kayacan vd. (2012a), ulusal endüstriyel yuvarlak odun talebi için açıklayıcılığı güçlü bir model elde edilebilmiş fakat ortalama tomruk fiyatı değişkeninin işaretinin, beklenenin aksine, pozitif olması, kurulan modelin sorgulanmasına neden olmuştur. Şüphesiz bu sorgulama, talep fonksiyonlarını türetmekte kullanılacak daha etkin alternatif yaklaşımların olup olmadığı sorusunu da beraberinde getirmektedir.

Açık artırmaya katılan ve teklif veren sayısı, Türker (1996) örneğinde görüldüğü gibi, bazı çalışmalarda bağımsız bir değişken olarak incelenmiş ve bir açık artırmada teklif veren müşteri sayısı ile artırma oranı arasında pozitif ilişki bulunduğu görülmüştür. Ancak, teklif veren sayısındaki değişimin açık artırmada oluşan talep düzeyine etkisi, karşılanan talep veya karşılanamamış talebi ne kadar açıklayabildiği incelenmemiştir.

Yukarıda gösterilen literatür boşluğu ve araştırma gereksinimleri dikkate alınarak, araştırmanın ana amacı, “aynı olaydan üretilmiş veri setleri kullanarak *toplam satış hacmi ve toplam teklif düzeyleri* şeklinde tanımlanmış iki ayrı yaklaşımla, Gökna, Sarıçam ve Karaçam 3SNB tomruklarının ayrı ayrı talep fonksiyonlarını hesaplamak, elde edilen fonksiyonların istatistik ve ekonomik açılarından açıklayıcılıklarını karşılaştırmak şeklinde belirlenmiştir. Bununla birlikte, üretilen uygun fonksiyonların daha başarılı pazarlama programları geliştirmek için kullanım fırsatlarını tartışmak ikincil bir hedef olarak çalışma kapsamına alınmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma alanı

Ankara Orman Bölge Müdürlüğü’nün 11 işletmesinden biri olan Çerkeş OİM, araştırma amacına uygun verilerin OGM’nin 23.5303/2016-2018-2019 numaralı araştırma projesinden elde edilebilecek olması nedeniyle araştırma alanı olarak seçilmiştir. Karaçam (*Pinus nigra*), Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve Gökna (*Abies sp.*) odun hammaddesinin, miktar olarak ülke odun hammaddesi pazarında büyük bir yer işgal etmese de, satış değerleri ve kullanım alanları açısından önemli bir yerinin olması ve Çerkeş’ten öğrenilebilecek bilgilerin diğer pazarlara ilişkin çıkarımlar yapma fırsatı vermesi nedeniyle bu ürüne ilişkin işletme çalışma alanı ve kapsamı olarak tercih edilmiştir.

Çerkeş OİM, 40.866,5 hektar ormanlık alana sahiptir. Çerkeş OİM, Mayıs 2017 - Haziran 2018 ayları arasında Karaçam (ÇK3SNB), Sarıçam (ÇS3SNB) ve Gökna (G3SNB) için toplam 13 ayrı açık artırmalı satış yapmıştır. Bu açık satışlarda 18.827 m³ Karaçam (%10,22), Sarıçam (%14,99) ve Gökna (%74,79) 3SNB tomruk satılmış, 3SNB tomruk partilerinden hiçbiri pazarlığa kalmamıştır.

2.2. Model

Araştırma; talep edilen tomruk miktarının (Q), açık artırmada oluşan satış fiyatının (P), satılan tomruk özelliklerinin (C), komşu işletmelerin açık artırmalı satış zamanının (T), ikame mal fiyatının (P_s) ve miktarının (Q_s), makroekonomik değişkenlerin (M) bir fonksiyonu ($Q = f\{P, C, T, P_s, Q_s, D, M\}$) olduğunu kabul eden bir model üzerine kurulmuştur. Bu model daha önce Daşdemir (2003), Demirel (2006), Başkalkan (2011) ve Kayacan vd. (2012a) ve pek çok çalışmada kullanılan ve bu makalede “**Toplam Satış Hacmi Yaklaşımı**” olarak adlandırılan bir yaklaşımla hesaplanmıştır. Daha sonra aynı model, Türkiye’deki orman işletmelerinin satışlarında ilk defa bu çalışmayla denenen ve “**Toplam Teklif Düzeyleri Yaklaşımı**” olarak isimlendirilen bir yaklaşımla ikinci defa hesaplanmıştır. Her iki yaklaşımın açık artırmalı satışlardan elde ettiği verileri analize katkı farkını daha açık anlatabilmek üzere, Çizelge 1’deki örnek veriler hazırlanmıştır.

Çizelge 1. Kuramsal verilerle denenen yaklaşımların fiyat ve talep düzeyleri

Kuramsal açık artırmaya ait veriler					Toplam satış hacmi yaklaşımına göre		Toplam teklif düzeyleri yaklaşımına göre	
Satış parti no	Satış partisi hacmi (m ³)	Fiyat teklifi P (TL/m ³)	Teklif veren sayısı (Adet)	Satılan miktar (m ³)	Fiyat düzeyleri P (TL/m ³)	Talep düzeyleri Q (m ³)	Fiyat düzeyleri P (TL/m ³)	Talep düzeyleri Q (m ³)
1	50	*200	5	50			200	250
		400	4				400	200
		600	3				600	150
		800	2				800	100
		1000	1				1000	50
2	40	*400	5	40	2500	100	400	200
		800	4				800	160
		1200	3				1200	120
		1600	2				1600	80
		2000	1				2000	40
3	10	*1000	5	10			1000	50
		2000	4				2000	40
		3000	3				3000	30
		4000	2				4000	20
		4500	1				5000	10

*Muhammen bedel

Toplam Satış Hacmi yaklaşımıyla yapılmış çalışmalarda “bir açık artırmalı satışta satılan mal miktarının o açık artırmada oluşan talebi temsil ettiği” kabul edilmiştir. Bu yaklaşımda; bir işletmenin bir açık artırmalı satışında (j) bir tomruk çeşidi (i) için oluşan talep miktarının (Q_{ij}), o açık satışta arz edilen tomruk satış partilerinin satılan miktarına eşit olduğu ve bu miktarın satış partilerinin aritmetik ortalama satış fiyatı (P_{ij}) bağımsız değişkeniyle ilişkili olduğu kabul edilmektedir. Bu kabule göre, Çizelge 1’de gösterilen 3 satış partili açık artırmada 2500 TL fiyat (P) düzeyine karşılık, 100 m³ talep (Q) miktarı oluşmaktadır. Sonuç olarak, toplam satış hacmi yaklaşımı, üç partinin satışından bir adet P (2500 TL) ve Q (100 m³) gözlemi elde etmektedir.

Oysa ekonomi literatürü “toplam veya piyasa talep fonksiyonlarının, bir piyasadaki fertlerin ferdi talep fonksiyonlarının toplanmasıyla elde edilebileceğini (Tintner, 1971)” ifade etmektedir. Nitekim Ülken de (1993) “toplam veya piyasa talebi bütün fertlerin belirli bir zaman süresi içerisinde değişik fiyatlar karşısında satın aldıkları alternatif toplam miktarlardır” şeklinde talebi tanımlamıştır. Gerçekten de, Çizelge 1’den izlenebildiği gibi, açık artırmada ortaya çıkan her fiyat teklifinde farklı sayıda alıcı ürünü almak istemekte fakat **Toplam Satış Hacmi** yaklaşımına dayalı analize bu istekler girememektedir. OGM açık artırmalı satışlarında da, her satış partisi, bir muhammen (tahmin olunan) satış fiyatından satışa, bir başka deyişle olası alıcıların taleplerine sunulmakta ve bu fiyattan satın almak isteyenler teminat yatırarak ürüne taleplerini kanıtlamaktadır.

Bu nedenle kurulan model, her fiyat teklifinde satın almak isteyen sayı ve alım miktarlarını da dikkate alabilen “**Toplam Teklif Düzeyleri**” yaklaşımıyla ikinci bir defa daha hesaplanmıştır. Bu yaklaşımın temelinde, Tintner (1971) ve Ülken’in (1993) tanımlarından hareketle, “bir açık artırmalı satışta (j) bir odun çeşidi (i) için toplam talep, müşterilerin satış partileri (k) için farklı fiyat teklifi seviyelerinde (P'_{ijk}) oluşan taleplerinin toplamına, diğer bir deyişle toplam teklif düzeyine (Q'_{ijk}) eşittir” kabulü yer almaktadır. Çizelge 1’den de izlenebileceği gibi, 50 m³ hacme sahip 1 numaralı satış partisi 200 TL/m³ muhammen satış bedeliyle açık artırmaya çıkmış ve 5 alıcı teminat yatırmıştır. Bu durum aslında 200 TL fiyattan (P) satın almak isteyenlerin toplam 250 m³ talep (Q) oluştuğunu ve yapılacak bir analizde satış partisi için ilk gözlem noktasının ($P1'$: 200, $Q1'$: 250) ikilisi şeklinde olması

gerektiği görülmektedir. Ancak henüz bu ürün için ne son fiyat ortaya çıkmış, ne de nihai talep düzeyi netleşmiştir. Çizelge 1’den izlendiği gibi, fiyatın 400 TL/m³ düzeyine çıkmasıyla, 4 alıcı fiyat artırmayı sürdürmüş ve talep edilen düzey 50 m³ azalarak, 200 m³ seviyesine inmiştir. Bu nedenle, yapılacak analizde ikinci gözlem noktasının ($P2'$: 400, $Q2'$: 200), şeklinde olması gereklidir. Aynı yaklaşım izlenerek, fiyatın açık artırmalarla 600 TL/m³ düzeyine çıkmasıyla üç alıcı kalmışsa, üçüncü gözlem noktasının ($P3'$: 600, $Q3'$: 150) ikilisi olduğu anlaşılmalıdır. Dördüncü ve beşinci gözlem noktalarının ise, Çizelge 1’in 1. Satış partisine ait veriler izlenerek (800, 100) ve (1000, 50) sıralı ikililerinden oluşacağı açıktır. Böylece her bir satış partisi için fiyat teklifi sayısı kadar farklı sayıda fiyat düzeyi – talep edilen miktar gözlemi elde edilmektedir. Çizelge 1’in yukarıda örneklenen kuramsal satış partisi dışındaki partilere ait veriler incelendiğinde de görüleceği gibi, OGM odun hammaddesi açık artırmalı satışlarında, bir satış partisi için, tellalın açık artırmada ilan ettiği ve alıcıların teklif verdiği her düzeyde, yeni bir toplam talep düzeyi oluşmaktadır. Bu nedenle, toplam satış hacmi yaklaşımının tek gözlemle analize soktuğu aynı satış için, toplam teklif düzeyleri yaklaşımında 15 ayrı gözlem noktası elde edilebilmektedir.

2.3. Veri toplama

Araştırma verileri Çerkeş OİM’nin Mayıs, 2017 ve Haziran 2018 ayları arasındaki 13 aylık dönemde yaptığı 13 ayrı açık artırmalı satıştaki 477 satış partisinden toplanmıştır. Gözlemler sırasında 58 adet ÇK3SNB, 75 adet ÇS3SNB ve 344 adet G3SNB satış partisinin açık satışlara konu olduğu saptanmıştır. Her satış partisinin muhammen fiyattan son satış fiyatına kadar tüm fiyat teklifleri ve fiyat teklifine katılan müşteri sayıları ayrı ayrı kaydedilmiştir. Satış partilerinin niteliklerine ilişkin boy, çap ve hacim verileri satış öncesi ve satış sonrası bilgi cetvellerinden elde edilmiştir. Komşu işletmelerin en yakın önceki veya aynı gündeki satışları için de bu cetvellerden faydalanılmıştır. Ayrıca depo incelemeleri ile satış partilerinin kalitesine yönelik veri toplanmıştır. Türkiye geneli tomruk satış verileri için OGM Bilgi Sistemi (OGM, 2020) kullanılmıştır. Bazı ikame/tamamlayıcı mallar, türev piyasalar ve makro ekonomik göstergelere ilişkin veriler ise Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankasının

(TCMB) veri tabanlarından temin edilmiştir. Tomruk ithalatı verileri için Birleşmiş Milletler Uluslararası Ticaret İstatistikleri Veri Tabanından (UN Comtrade, 2021) faydalanılmıştır.

2.4. Ekonometrik analizler

Analizlerde tomruk fiyat serilerinin mevsimlik etkilerden arındırılmış reel satış fiyatları kullanılmıştır. Önce tomruk çeşitlerinin satış fiyatları, 2003 = 100 tabanlı, Üretici Fiyat Endeksi (TurkStat, 2019) ile Temmuz 2019 reel değerlerine dönüştürülmüştür. Sonra reel fiyatlarda Newbold (2013)'ün yaklaşımı izlenerek, 12 noktalı hareketli ortalama ve basit endeks teknikleriyle mevsim etkisi düzeltilmiştir.

Çerkeş OİM ÇK3SNB, ÇS3SNB ve G3SNB tomrukları için talep fonksiyonları basit ve çoklu regresyon analizleri ile türetilmiştir. Çoklu regresyon analizleri ile talep fonksiyonu türetilirken; $Q_{ij} = \alpha + \beta_i P_{ij} + \beta_s P_s \dots$ şeklindeki doğrusal fonksiyon tipi kullanılmıştır. Talep fonksiyonlarında yer alan değişkenlerin tanımları ve betimleyici istatistikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Talep fonksiyonlarından yararlanarak değişkenlerin marjinal etkileri (ME) hesaplanmıştır. Bu aşamada, bir doğrusal talep fonksiyonundaki bir değişkenin marjinal etkisinin (ME_p) katsayısına (β) eşit olduğundan hareketle, Eşitlik 1'den yararlanılmıştır.

$$ME_p = \frac{\partial Q_i}{\partial P_i} = \beta \quad (1)$$

Değişken ölçekleri farklı olduğundan marjinal etkilerle değişken ortalama değerleri (Çizelge 2) çarpılarak toplam etkilere (TE) ulaşılmıştır.

Bir "i" odun çeşidinin kendi fiyatı (P_i) üzerinde meydana gelen değişime bağlı olarak ortaya çıkan talep düzeyi (Q_i) değişikliği şeklinde tanımlanan talep esnekliği (e_p), genellikle Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$e_p = \left| \frac{\partial Q_i / Q_i}{\partial P_i / P_i} \right| = \left| \frac{\partial Q_i}{\partial P_i} \cdot \frac{P_i}{Q_i} \right| \quad (2)$$

Bu formülle elde edilen değerlerin mutlak değeriyle hesaplanan esneklik katsayısı 0 ile ∞ arasında değişir. Talep esnekliği katsayısının 1'den küçük olması halinde odun çeşidinin talebi esnek değildir. 1'den büyük olması halinde ise talep esneklik katsayısının 1'e eşit olması ise birim esneklik olarak adlandırılır (Ülken, 1993; İltar ve Ok, 2012). Bununla birlikte Eşitlik 2'de çarpımın solundaki terim ($\frac{\partial Q_i}{\partial P_i}$), doğrusal talep fonksiyonu için fiyat değişkeninin marjinal etkisi olduğundan, bu çalışmada talep esnekliği Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$e_p = \left| \beta_i \cdot \frac{P_i}{Q_i} \right| \quad (3)$$

Bir i odun çeşidinin talebinin başka s odun çeşidinin fiyat düzeyindeki göreceli değişimle açıklanmasına çapraz esneklik denmekte ve çapraz esneklik katsayısı 0'dan küçükse i ve s odun çeşitlerinin tamamlayıcı mallar olduğu, 0'dan büyükse ikame mallar oldukları anlaşılmaktadır. Çapraz esneklik (e_{is}) genellikle Eşitlik 4'deki formülle hesaplanmaktadır (Ülken, 1993; İltar ve Ok, 2012).

$$e_{is} = \frac{\partial Q_i / Q_i}{\partial P_s / P_s} = \frac{\partial Q_i}{\partial P_s} \cdot \frac{P_s}{Q_i} \quad (4)$$

Buna karşılık, bu çalışmada kullanıldığı gibi, doğrusal talep fonksiyonlarında Eşitlik 4, Eşitlik 5'e eşittir ve bu nedenle, çapraz esneklik hesaplamaları Eşitlik 5 kullanılarak yapılmıştır. Formülde yer alan, β_s , P_s ve Q_i değerleri, bu çalışmada üretilmiş yöresel talep denklemlerinden elde edilerek, Eşitlik 5'de kullanılmıştır.

$$e_{is} = \beta_s \frac{P_s}{Q_i} \quad (5)$$

Çizelge 2. Satış Fiyatı Fonksiyonlarındaki Değişkenlerin Tanımları

Değişkenler	Değişkenlerin tanımları	Ortalama değer	Standart sapma	
Bağımlı	Q _{CK}	ÇK3SNB tomruk satış hacmi (m ³)	110,49	116,64
	Q _{CS}	ÇS3SNB tomruk satış hacmi (m ³)	282,17	244,34
	Q _G	G3SNB tomruk satış hacmi (m ³)	610,21	530,06
	Q' _{CK}	ÇK3SNB tomruk satış partisine her fiyat teklifi için toplam talep (m ³)	78,73	46,63
	Q' _{CS}	ÇS3SNB tomruk satış partisine her fiyat teklifi için toplam talep (m ³)	109,72	80,37
	Q' _G	G3SNB tomruk satış partisine her bir fiyat teklifi için toplam talep (m ³)	123,58	77,11
	Bağımsız	P _{CK}	j ihalesinde ÇK3SNB tomruk ortalama satış fiyatı (TL)	453,49
P _{CS}		j ihalesinde ÇS3SNB tomruk ortalama satış fiyatı (TL)	492,09	56,35
P _G		j ihalesinde G3SNB tomruk ortalama satış fiyatı (TL)	469,31	75,23
P' _{CK}		Bir ÇK3SNB tomruk satış partisi için fiyat teklifi (TL/m ³)	479,97	66,23
P' _{CS}		Bir ÇS3SNB tomruk satış partisi için fiyat teklifi (TL/m ³)	524,30	89,44
P' _{G3}		Bir G3SNB tomruk satış partisi için fiyat teklifi (TL/m ³)	539,67	106,48
C _{PACAL}		Satış partisinin çap sınıfı paçal ise 1, değilse 0	0,02	0,12
C _{BOY}		Satış partisinin ortalama boyu (m)	3,73	0,51
C _{SPHCM}		ÇK3SNB satış partisinin hacmi (m ³)	31,11	8,23
		ÇS3SNB satış partisinin hacmi (m ³)	34,72	10,46
		G3SNB satış partisinin hacmi (m ³)	40,94	10,66
C _{USTSNF}		ÇS3SNB satış partisinde üst sınıflardan tomruk hacmi (m ³)	0,23	0,26
		G3SNB satış partisinde üst sınıflardan tomruk hacmi (m ³)	0,33	0,40
T _{GE}		Çerkeş ve Gerede OİM açık ÇK3SNB satışı aynı güne 1; değilse 0	0,05	0,22
		Çerkeş ve Gerede OİM açık ÇS3SNB satışı aynı güne 1; değilse 0	0,30	0,46
		Çerkeş ve Gerede OİM'nin açık G3SNB satışı aynı güne 1; değilse 0	0,14	0,34
Q _{KR_ÇK3SKB}		Karabük OİM en yakın önceki ÇK3SKB tomruk satış hacmi (m ³)	92,98	65,39
M _{YAPI}	Ankara ilinde satış ayında verilen yapı ruhsatı sayısı	651,63	382,65	

3. Bulgular

3.1. Veri kayıpları açısından yaklaşımları karşılaştırma bulguları

Bu araştırmada karşılaştırılan *toplam satış hacmi* ve *toplam teklif düzeyleri* yaklaşımlarının, aynı dönem ve kapsamdaki satışları analiz etmelerine rağmen, dikkate alabildiği gözlem sayısı açısından büyük farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Çizelge 3'den görüldüğü gibi, yaklaşımlar aynı dönemde gerçekleşmiş satışları inceliyor olmalarına rağmen, toplam satış hacmi yaklaşımı veri kayıplarına neden olarak, esasen yaşanmış deneyimlerin analiz kapsamına alınmasına olanak tanımamaktadır.

Araştırma döneminde yapılan 13 ayrı açık artırmada toplam 58 parti ÇK3SNB satışa çıkmışsa da, *Toplam Satış Hacmi* yaklaşımı ile yapılan analiz sadece 10 gözlemden yararlanılabilmektedir. *Toplam Teklif Düzeyleri* yaklaşımı ise aynı satışlardan 157 gözlem elde etmekte ve analize almaktadır. Bir başka ifadeyle, *Toplam Satış Hacmi* yaklaşımının tercih edilmesi ile 147 gözlemlik bir veri kaybı olmaktadır. Yaşanan veri kaybı Sarıçam satışlarında 181, Gökmar tomruklarda ise 942 gibi çok daha büyük boyutlara erişmektedir.

3.2. Toplam satış hacmi yaklaşımı ile talep analizi bulguları

Toplam satış hacmi yaklaşımıyla elde edilen veriler kullanılarak, toplam satış hacmi ve ortalama fiyat arasında yapılan korelasyon analizi bulguları Çizelge 4'te verilmiştir. Bulgular, her üç tomruk çeşidinde de, istatistiksel olarak anlamlı ilişkilerin olmadığını göstermektedir.

Toplam satış hacmi yaklaşımıyla üretilmiş veriler kullanılarak yapılan basit regresyon analizi bulguları Çizelge 5'de verilmiştir. Karaçam, Sarıçam ve Gökmar 3SNB tomruk talebi için türetilen üç fonksiyonda da, istatistiksel olarak anlamlı bulgular elde edilememiştir. Çizelge 5'de yer alan denklemlerin, iktisat teorisinin açıkladığı fiyat miktar ilişkisi açısından nasıl bir ilişkiyi ortaya koyduğunu görselleştirmek üzere, Şekil 1'de yer alan Karaçam, Sarıçam ve Gökmar talep denklemleri grafikleri hazırlanmıştır.

Şekil 1a ve b'den görüldüğü gibi, Karaçam ve Sarıçam 3SNB tomruk fiyatları ile talep miktarları arasında, iktisat teorisine uygun yukarıdan aşağıya eğimli talep fonksiyonları elde edilmişken, Gökmar için üretilen denklem hem istatistik olarak anlamsız, hem de ekonomi kurallarına ters bir bulgu ortaya koymuş, fiyat arttıkça talep edilen miktar da artıyormuş gibi bir fonksiyon üretmiştir.

Çizelge 3: Yaklaşımların verileri analize alma yeteneklerinin karşılaştırılması

Tomruk çeşitleri	Satış sayısı	Toplam parti sayısı	Yaklaşımlara göre oluşan gözlem sayıları (n)	
			Toplam satış hacmi yaklaşımı	Toplam teklif düzeyleri yaklaşımı
ÇK3SNB	13	58	10	157
ÇS3SNB	13	75	8	189
G3SNB	13	344	13	955

Çizelge 4. Toplam satış hacmi yaklaşımıyla korelasyon bulguları

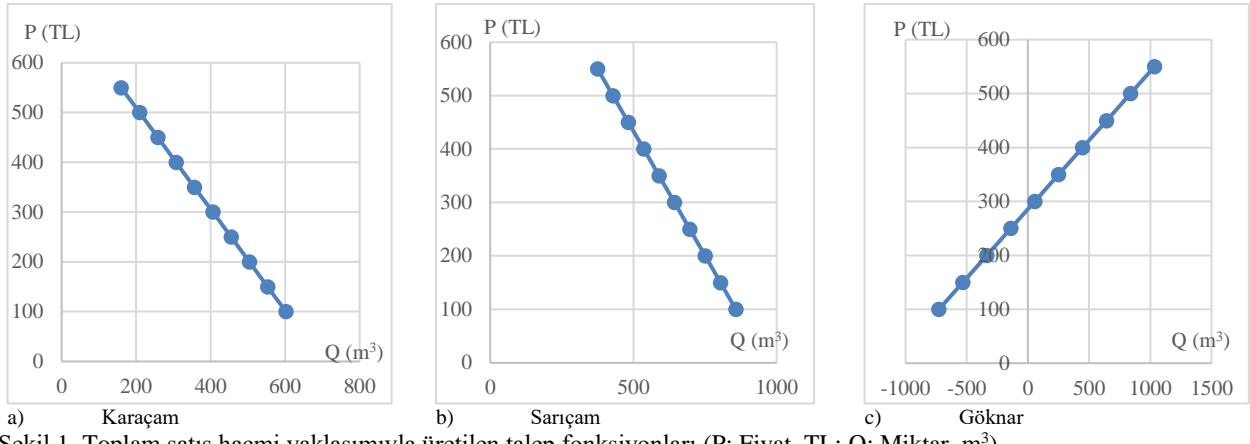
Tomruk çeşidi	n	r
ÇK3SNB	10	-0,347
ÇS3SNB	8	-0,261
G3SNB	13	0,341

* %95 güven düzeyinde anlamlı; ** %99 güven düzeyinde anlamlı

Çizelge 5. Toplam satış hacmi yaklaşımıyla talep denklemleri ve istatistikleri

Değişkenler	ÇK3SNB		ÇS3SNB		G3SNB	
	Katsayı	t	Katsayı	t	Katsayı	t
Sabit	700,733	1,432	964,502	1,035	-1117,610	-0,623
P _{CK}	-0,984	-1,046				
P _{CS}			-1,072	-0,662		
P _G					3,913	1,202
Bağımlı değişken	Q _{CE_ÇK3SNB}		Q _{CE_ÇS3SNB}		Q _{CE_G3SNB}	
Gözlem sayısı	10		8		13	
F-test	1,094		0,438		1,444	
R ²	0,12		0,068		0,116	
Düz. R ²	0,01		-0,087		0,036	

* %90 güven düzeyinde anlamlı; ** %95 güven düzeyinde anlamlı; *** %99 güven düzeyinde anlamlı

Şekil 1. Toplam satış hacmi yaklaşımıyla üretilen talep fonksiyonları (P: Fiyat, TL; Q: Miktar, m³)

3.3. Toplam teklif düzeyleri yaklaşımı ile talep analizi

Aynı satışlar için, bu defa *Toplam Teklif Düzeyleri* yaklaşımıyla üretilen veriler kullanılarak, tıpkı toplam satış hacmi yaklaşımında olduğu gibi, bir korelasyon analizi yapılmış ve elde edilen bulgular Çizelge 6'da gösterilmiştir. Çizelge 6'dan görüldüğü gibi, Karaçam, Sarıçam ve Gökmar toplam talep düzeyi ve fiyat teklifleri arasında bu defa % 99 güven düzeyinde anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Her üç üründe de orta düzeye yakın ve fiyat arttıkça, talep miktarı azalan bir ilişki elde edilmiştir.

Çizelge 6. Toplam teklif düzeyleri yaklaşımıyla korelasyon bulguları

Tomruk çeşidi	n	r
ÇK3SNB	157	-0,512***
ÇS3SNB	189	-0,356***
G3SNB	955	-0,538***

*%90 güven düzeyinde anlamlı; **%95 güven düzeyinde anlamlı; ***%99 güven düzeyinde anlamlı

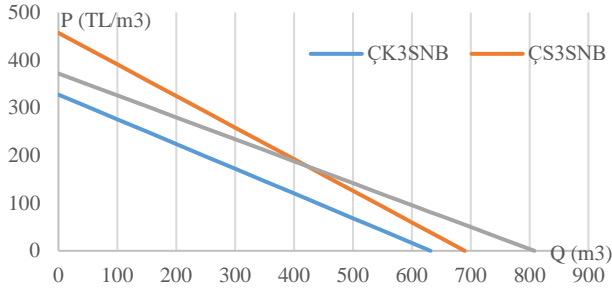
Toplam Teklif Düzeyleri yaklaşımıyla üretilmiş veriler kullanılarak, Çerkeş OİM'de Karaçam, Sarıçam ve Gökmar 3SNB tomruk çeşitleri için ayrı ayrı regresyon analizleri yapılmış ve her ürün için Çizelge 7'deki talep denklemleri üretilmiştir. Çizelge 7'de yer alan her üç talep fonksiyonu da %99 güven düzeyinde anlamlıdır ve talepteki değişkenliği %57,2-%69,6 arasında açıklamaktadır. En yüksek açıklayıcılık, Sarıçam 3SNB tomrukta elde edilirken (0,696), en düşük açıklayıcılığa Gökmar tomrukta (0,572) ulaşılmıştır.

Her üç talep fonksiyonuna da, fiyat teklifleri değişkenleri (P'_{CK} , P'_{CS} ve P'_G) %99 güven düzeyinde anlamlı olarak girmiştir. Fonksiyonlarda yer alan çoğu değişken %99 güven düzeyinde anlamlıdır ve tüm değişkenlerin işaretleri, iktisadi ilişkiler anlamında, beklentilere uygundur. Üretilen denklemlerin ekonomi yazınında alışılmış talep fonksiyonlarına uygunluğunu görsel olarak ortaya koymak için Şekil 2 hazırlanmıştır.

Çizelge 7. Toplam teklif düzeyleri yaklaşımıyla talep denklemleri ve istatistikleri

Değişkenler	ÇK3SNB		ÇS3SNB		G3SNB	
	Katsayı	t	Katsayı	t	Katsayı	t
Sabit	386,102***	7,480	286,973***	10,923	206,495***	13,273
P'_{CK}	-0,519***	-14,668				
P'_{CS}			-0,663***	-16,220		
P'_G					-0,460***	-29,028
C_{PACAL}					-7,733	-0,544
C_{BOY}					7,868**	2,089
C_{SPHCM}	1,721***	5,899	3,483***	9,414	3,054***	16,798
C_{USTSNF}			52,376***	3,578	21,089***	4,629
T_{GE}	-71,363***	-6,505	-72,300***	-7,601	-16,192***	-3,041
P_{CK}			0,053**	2,203	-0,041***	-4,510
P_{CS}	0,047***	5,634			0,023***	2,863
P_G	-0,175**	-2,082				
Q_{KR_CK3SKB}	-0,374***	-9,018				
M_{YAPI}	0,029***	2,781	0,040***	4,397	0,016***	3,934
Bağımlı Değişken	$Q'_{CE_ÇS3SNB}$		$Q'_{CE_ÇK3SNB}$		Q'_{CE_G3SNB}	
Gözlem sayısı	157		189		955	
F-test	45,270***		72,864***		142,786***	
R^2	0,680		0,706		0,576	
Düz. R^2	0,665		0,696		0,572	

*%90 güven düzeyinde anlamlı; **%95 güven düzeyinde anlamlı; ***%99 güven düzeyinde anlamlı



Şekil 2. Toplam Teklif Düzeyleri Yaklaşımıyla Üretilen Talep Fonksiyonları (P: fiyat, Q: Miktar)

Şekil 2'den görüldüğü gibi, aynı açık artırmalı tomruk satışlarından bu defa *Toplam Teklif Düzeyleri* yaklaşımıyla elde edilen verilerle, Karaçam, Sarıçam ve Gökmar 3SNB tomrukların tamamı için fiyat yükseldikçe satın alınan veya talep edilen miktarın azaldığı bir yapıyı gösterebilen talep fonksiyonları bulunabilmiştir.

3.4. Marjinal ve toplam etki bulguları

Araştırma amacıyla yer alan “elde edilen fonksiyonlardan en uygun fonksiyonların, pazarlama programlarını geliştirmek üzere kullanım olanaklarını tartışmak” hedefine erişmek için, öncelikle her iki yaklaşımla üretilmiş fonksiyonlardan en uygun olanını, ürün bazında kararlaştırmak gereklidir. Bu kapsamda, her iki yaklaşımla üretilen talep denklemlerinin hem istatistik, hem iktisat kuramı açılarından karşılaştırılması sonucunda, *Toplam Teklif Düzeyleri* yaklaşımıyla bulunmuş denklemlerin (Çizelge 7, Şekil 2) pazarlama yönetimi için gerekli bilgilerin üretilmesinde, *Toplam satış hacmi* yaklaşımıyla elde edilen denklemlerden (Çizelge 5, Şekil 1) daha güvenilir olduğu görülmektedir. Bu nedenle, araştırmanın ikinci hedefi kapsamındaki hesaplamalarda Çizelge 7'deki denklemler temel alınmıştır.

Çizelge 7'de yer alan talep fonksiyonlarındaki katsayılar ve Eşitlik 1 yardımıyla bulunan marjinal etki (ME) ve toplam etki (TE) bulguları Çizelge 8'de sunulmuştur. Çizelge 8'den izlenebileceği gibi, fiyat tekliflerindeki 1 TL'lik yükselme, Karaçam (-0,52 m³), Sarıçam (-0,66 m³) ve Gökmar (-0,46 m³) 3SNB tomruk talep miktarında azalmaya neden olmakta ve en yüksek toplam etki Sarıçam 3SNB tomrukta (-347,40 m³) görülmektedir. Bunun anlamı, muhammen satış fiyatından

itibaren, her 1 TL fiyat artışında, Karaçam, Sarıçam ve Gökmar almak istenen miktarlarda hesaplanan marjinal etkiler kadar düşüş beklenmesi gerektiğidir.

Karaçam 3SNB tomruk talep bulguları incelendiğinde, Çerkeş ve Gerede İşletmelerinin aynı gün satış yapmalarının Çerkeş'te oluşacak talebi azaltan ikinci etki ($T_{GE} = -71,36 \text{ m}^3$) kaynağı olduğu görülmektedir. Bu azaltıcı etkiyi Karabük işletmesinin önceki açık satışa çıkardığı kısa boy tomruk miktarının ($Q_{KR_CK3SKB} = -0,37 \text{ m}^3$) izlediği görülmektedir. Bununla birlikte, hesaplanan toplam etkiler, Karabük işletmesinin önceki açık satışa çıkardığı kısa boy tomruk miktarından ($Q_{KR_CK3SKB} = -34,80 \text{ m}^3$), Gerede ile aynı gün satış yapmaktan çok daha fazla ($T_{GE} = -3,64 \text{ m}^3$) Çerkeş işletmesi Karaçam satışlarını etkilediğini göstermektedir. İlginçtir ki, Gökmar satış fiyatı Çerkeş işletmesinin karaçam 3SNB tomruk satış miktarları üzerinde en az azaltıcı marjinal etkiye ($P_G = -0,18$) sahip görünürken, fiyat tekliflerinin ardından ikinci büyük toplam etkiyi yapan değişken olarak bulunmuştur.

Çerkeş işletmesinin Karaçam sattığı satışlarda, satışa çıkardığı Karaçam satış partisi başına hacimleri (C_{SPHCM}) arttıkça, Karaçam talebinin de 1,72 m³ arttığı saptanmıştır. Ankara ilinde satış ayında verilen yapı ruhsatı sayısındaki birim değişimin Çerkeş işletmesi Karaçam talebini 0,03 m³, bir açık artırmalı satışta toplamda ise 13,88 m³ artırıcı etkiye sahiptir. Diğer yandan, aynı açık satışta satılan Sarıçam (P_{CS}) ve Gökmar (P_G) 3SNB tomruk ortalama satış fiyatları, Karaçam 3SNB tomruk talebi üzerinde sırasıyla pozitif (0,05 m³) ve negatif (-0,18 m³) marjinal etkilere sahiptir.

Çizelge 8'den izlenebildiği gibi, Sarıçam 3SNB tomruk satışlarında da Gerede işletmesinin aynı gün satışları, Çerkeş'deki satış miktarını azaltıcı etki ($T_{GE} = -72,30 \text{ m}^3$) yapmaktadır. Sarıçam alıcılarının, satış partisinde üst kalite sınıftan bulunan mal miktarına (C_{USTSNF}) karşı duyarlı olduğu ve 52,38 m³ gibi önemli bir marjinal etki gösterirken, toplam etkinin 12,10 m³ seviyesinde kaldığı görülmektedir. Satış partisinin hacmi (C_{SPHCM}) ile yapı ruhsatı sayıları (M_{YAPI}), Sarıçamda da talep miktarını artırıcı (3,48 m³ ve 0,04 m³) marjinal etkiler gösterirken, Karaçam'a benzer bir davranış ortaya koymaktadır. Yine Karaçam tomruk ile karşılıklı olarak Sarıçam 3SNB tomruk talebi de aynı açık satıştaki Karaçam 3SNB tomruk ortalama fiyatından pozitif etkilenmektedir.

Çizelge 8. Değişkenlerin marjinal ve toplam etkileri

Değişkenler	ÇK3SNB		ÇS3SNB		G3SNB	
	ME	TE	ME	TE	ME	TE
P'_{CK}	-0,52	-248,89				
P'_{CS}			-0,66	-347,40		
P'_G					-0,46	-248,31
C_{PACAL}					-7,73	-0,12
C_{BOY}					7,87	29,33
C_{SPHCM}	1,72	53,55	3,48	120,93	3,05	125,03
C_{USTSNF}			52,38	12,10	21,09	6,96
T_{GE}	-71,36	-3,64	-72,30	-21,42	-16,19	-2,22
P_{CK}			0,05	24,28	-0,04	-16,13
P_{CS}	0,05	14,56			0,02	10,78
P_G	-0,18	-102,03				
Q_{KR_CK3SKB}	-0,37	-34,80				
M_{YAPI}	0,03	13,88	0,04	34,27	0,02	11,76

Gökmar talebiyle ilgili marjinal etki bulgularının, Karaçam ve Sarıçam'dan farklılık gösterdiği bir nokta, satış partisinin çap sınıfı itibarıyla gösterdiği paçallık (C_{PACAL}) değişkeninde ortaya çıkmaktadır. Alıcılar, parti içerisinde çap paçalı gördüklerinde talep miktarlarını ($-7,73 \text{ m}^3$) birim azaltmaktadır. Ancak bu değişken fonksiyona anlamlı olarak girmemiştir. Bir diğer talep düşüren etki, yine Gerede işletmesiyle aynı gün yapılan satışlarda ($-16,19 \text{ m}^3$) bulunmuştur. Gökmar talebini düşüren azaltıcı etkiler yanında, satış partisinin boyu ($C_{BOY} = 7,87 \text{ m}^3$), hacmi ($C_{SPHCM} = 3,05 \text{ m}^3$) ve Ankara ilinde verilen yapı ruhsat sayısı ($M_{YAPI} = 0,02 \text{ m}^3$) talebi artırıcı marjinal etkilere sahip görülmektedir. Gökmar talep fonksiyonuna ait ME ve TE bulguları, satış partisi hacminin ($C_{SPHCM} = 125,03 \text{ m}^3$), düşük marjinal etkisine aldanmamak gerektiğini ve Gökmar talep miktarında dikkate alınması gereken büyük toplam etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, Gökmar talebi aynı açık satıştaki Karaçam 3SNB tomruk satış fiyatından (P_{CK}) 1 TL başına $-0,04 \text{ m}^3$ negatif, Sarıçam 3SNB tomruk satış fiyatından (P_{CS}) ise $0,02 \text{ m}^3$ pozitif olarak etkilenmektedir.

3.5. Esneklik bulguları

Analiz dönemi 3SNB tomruk açık artırmalarının başlatıldığı muhammen satış fiyatlarının 2019 reel fiyatlarıyla durumu incelendiğinde, gökmarların 364 TL/m^3 , Karaçam'ın 396 TL/m^3 , Sarıçam'ın ise 406 TL/m^3 ortalama tahmin olunan satış fiyatında açık artırmaya sunulduğu (OGM, 2020) görülmektedir. Satışlar bu fiyatlardan başlamış olsa da, her partide farklı teklifler ve fiyatlar oluşmuştur. Bu teklif ve fiyatlara göre elde edilen talep fonksiyonları yardımıyla (Çizelge 7) ve Eşitlik 3 kullanılarak, 3SNB tomruk odun çeşitleri için talep esneklikleri (e), Karaçam (e_{CK}), Sarıçam (e_{CS}) ve Gökmar (e_G) için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Çizelge 9).

Talep esneklikleri bilinmeden muhammen satış fiyatlarının kararlaştırılması, açık artırmaya katılacak olası müşterilerin verebilecekleri olası tepkinin dikkate alınmaması demektir. Gerçekten de, Çerkeş OİM'nin 3SNB Gökmar tomruklar için belirlediği 364 TL/m^3 düzeyindeki muhammen fiyat, Gökmar 3SBN tomruk için talep esnekliğinin (e_G) $0,80-0,89$ aralığına karşılık gelmektedir. Bir başka ifadeyle, talebin esnek olmadığı bu bölgede işletmenin

Gökmar 3SBN tomruk muhammen bedelini artırmasının, açık artırmaya katılacak alıcıların talep düşüşüne neden olamayacağı ve açık artırmayı daha yüksek bir bedelden başlatması gerektiği görülmektedir.

Gökmar'da gözlenen bu gerekliliği, Çizelge 9'da yer alan diğer esneklik bulgularını dikkate alarak, Sarıçam ve Karaçam için söylemek olanaksızdır. Sarıçam için belirlenen 406 TL/m^3 düzeyindeki muhammen bedel, esnekliğin (e_{CS}) $1,38-1,56$ arasındaki bir düzeyine karşılık gelmektedir. Bu durumda işletme yöneticilerinin "esnekliğin 1'den büyük olduğu durumlarda talep edilen miktar fiyatın değişen yüzdesinden daha fazla değişir (Ülken, 1993)" kuralını hatırlamaları ve muhammen satış fiyatında yapacakları artış oranından daha fazla bu partiye talebin düşeceğini, hatta bunun müşteriler arası rekabeti azaltacağını bilmesi gereklidir. Karaçam için belirlenen 396 TL/m^3 düzeyindeki muhammen bedel de, esnekliğin (e_{CK}) $1,51 - 1,73$ arasında hesaplandığı bir düzeye karşılık gelmektedir ve işletmenin karaçam muhammen satış fiyatını artırma düzeyinden, daha yüksek bir oranda müşteri talep miktarı azalışına neden olacağını görebilmesi gereklidir.

Talep esnekliği yanında, çapraz esneklik değerlerinin de pazarlama yönetiminde dikkate alınması yararlı ve gereklidir. Çapraz esneklik hesaplarında işletmenin kendi ürettiği ürünler arası çapraz esneklik hesapları yapılabileceği gibi, diğer işletmelerin ilişkili ürünleri arasında da hesap yapmak mümkün ve gereklidir. Bu araştırmada, Çerkeş OİM'nin sadece incelenen ürünleri arası çapraz esneklikleri hesaplanmış ve Çizelge 9'da verilmiştir. Çizelge 9'un ilgili sütunlarında gösterildiği gibi, Karaçam'ın Sarıçam ($e_{CK,CS}$), Sarıçam'ın Karaçam ($e_{CS,CK}$) ve Gökmar'ın Sarıçam ($e_{G,CS}$) çapraz esneklikleri pozitif bulunmuştur. Karaçam'ın Gökmar ($e_{CK,G}$) ve Gökmar'ın Karaçam ($e_{G,CK}$) çapraz esneklikleri ise negatif hesaplanmıştır. Sarıçam'ın Gökmar ile çapraz esnekliği ise ($e_{CS,G}$), Sarıçam talep fonksiyonunda Gökmar miktarıyla istatistik anlamlı bir ilişki bulunmadığından, hesaplanmamış ve Çizelge 9'da bu nedenle yer bulmamıştır.

Bununla birlikte, Çizelge 9'dan görüldüğü gibi, hesaplanan çapraz esneklik değerlerinin ağaç türleri ve fiyat değişimleri karşısında gösterdiği değişim düzeyleri aynı değildir. Muhammen satış fiyatının $300-400 \text{ TL/m}^3$ arasında yaşandığı bir satış dönemindeki çapraz esneklik ilişkileri, $400-500 \text{ TL/m}^3$ veya daha üst fiyat seviyelerinde şiddetini artırmaktadır.

Çizelge 9. Çerkeş OİM 3SNB tomrukları için talep ve çapraz esneklikleri

Fiyatlar (TL/m ³)	Karaçam				Sarıçam			Gökmar			
	Talep (m ³)	e_{CK}	$e_{CK,CS}$	$e_{CK,G}$	Talep (m ³)	e_{CS}	$e_{CS,CK}$	Talep (m ³)	e_G	$e_{G,CK}$	$e_{G,CS}$
300	172	0,90	0,18	-0,41	258	0,77	0,16	234	0,59	-0,10	0,06
320	162	1,03	0,19	-0,45	245	0,87	0,16	225	0,66	-0,10	0,06
340	151	1,17	0,20	-0,49	232	0,97	0,17	215	0,73	-0,11	0,06
360	141	1,32	0,21	-0,54	219	1,09	0,18	206	0,80	-0,12	0,07
380	131	1,51	0,22	-0,58	205	1,23	0,19	197	0,89	-0,13	0,07
400	120	1,73	0,23	-0,63	192	1,38	0,20	188	0,98	-0,13	0,07
420	110	1,98	0,24	-0,69	179	1,56	0,21	179	1,08	-0,14	0,08
440	99	2,29	0,24	-0,74	166	1,76	0,21	169	1,19	-0,15	0,08
460	89	2,68	0,25	-0,80	152	2,00	0,22	160	1,32	-0,16	0,09
480	79	3,16	0,26	-0,87	139	2,29	0,23	151	1,46	-0,17	0,09
500	68	3,79	0,27	-0,94	126	2,63	0,24	142	1,62	-0,17	0,09
520	58	4,65	0,28	-1,02	113	3,06	0,24	133	1,80	-0,18	0,10
540	48	5,88	0,28	-1,10	99	3,60	0,25	123	2,01	-0,19	0,10
560	37	7,80	0,29	-1,19	86	4,31	0,26	114	2,26	-0,20	0,10
580	27	11,20	0,30	-1,28	73	5,28	0,26	105	2,54	-0,21	0,11
600	16	18,87	0,31	-1,39	60	6,67	0,27	96	2,88	-0,22	0,11

4. Tartışma ve sonuçlar

Bu çalışmada karşılaştırılan veri oluşturma ve talebi yorumlama yaklaşımlarından *toplam satış hacmi* ve *toplam teklif düzeyleri* yaklaşımlarının eşit sonuçlar üretmediği görülmektedir. Toplam satış hacmi yaklaşımı, özellikle geçmiş yıllara ait kayıtlardan veri üretmek zorunda kalınan Daşdemir (2003), Demirel (2006), Başkalkan (2011) ve Kayacan vd. (2012a) örneklerinde görülen çalışmalarda seçenezsizlikten tercih edilmiş ve kullanılmış bir yaklaşım olarak kabul edilmelidir. Gerçekten de, OGM açık artırmalı satışlarla ilgili bir dosya tutmakta, bu dosyada satış partilerine ait pek çok değişikene yer verirken, satış fiyatı oluşuncaya kadarki teklif düzeyleri ve teklif veren sayılarını kayıt altına almamaktadır. Diğer yandan OGM, Covid-19 salgını ile birlikte e-satışları artırmış ve teklif verenlerin sayı ve kimliklerinin diğer alıcı veya araştırmacılar tarafından da izlenebilme fırsatını kapatmıştır. Açık artırmalı satışların “açık olma yapısına” aykırı bu uygulama, daha sağlıklı sonuçlar verdiği görülen toplam teklif düzeylerine dayalı araştırmaların yapılmasını da engelleyebilecek etkide bir karardır. Bu nedenle, İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığının her satış partisinin, her fiyat düzeyinde teklif verenleri arşivleyebilen bir kayıt tutma düzeni geliştirmesi, gelecek talep çalışmalarının başarısı için kritik önemde bir girişim olarak görülmelidir.

Miraboğlu'nun, (1958) yarım asrı aşan bir zaman öncesinde, Lemmel'e atfen belirttiği “her ormancılık işletmesi özel niteliklere ve ekonomik özgünlüğe sahiptir” bilgisinin hayata aktarılabilmesi için, yaşanan farklılıkları olabildiği kadar analiz kapsamına alan yaklaşımların kullanılması gereklidir. Bu çalışma göstermiştir ki, toplam satış hacmi yaklaşımıyla veri toplamak, öncelikle gözlemlerin kaybolmasına neden olmaktadır. Üstelik bu kayıp, ekstrem verilerin elenmesi gibi teknik bir nedene dayanmamakta, gözlenen bir durumu görmezden gelme halinden doğmaktadır. Bir analizde, ekstremleri oluşturma gibi haklı gerekçelerle bazı verilerin analize alınmaması normal karşılanabilirken, toplam satış hacmi yaklaşımının, olan veriyi görememe gibi bir hatayı barındırdığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle, ister Çerkeş dışı bir işletme, ister bu çalışmada denenen Karaçam, Sarıçam veya Gökmar dışındaki herhangi bir tür odun hammaddesinin satışı söz konusu olsun, toplam satış hacmi yaklaşımıyla gözlem verilerinin oluşturulması halinde aynı veri kayıplarının yaşanması kaçınılmazdır.

Bu çalışmada ilk defa orman işletmelerinde denenen *toplam teklif düzeyleri yaklaşımının*, kullanılabilir talep fonksiyonları üretebildiği anlaşılmıştır. Bu yaklaşım, daha önce uygulanan toplam satış hacmi yaklaşımındaki, satılan mal düzeyi-satış fiyatı ilişkisinin açık artırmayı kazanamayan, ancak fiyat teklifi veren müşterilerin taleplerinin ihmal edilmemesi gerektiğini göstermiştir. Toplam teklif düzeyleri yaklaşımının yaygın kullanılabilmesi için her bir satış partisi için fiyat teklif seviyelerinin ve bu seviyelerde teklif veren müşteri sayılarının gözlemlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma sonucunda, verileri değerlendiremeyen toplam satış hacmi yaklaşımının, istatistik açıdan güvensiz, iktisaden açıklaması yapılamayan fonksiyonlar üreten, aynı olaya uygulanan toplam teklif düzeyleri yaklaşımının daha güvenli ve açıklanabilir fonksiyonlar üretebildiği görülmüştür. Bu nedenle, OGM'nin verileri yok eden, aynılaştıran kayıtlar yerine, ayrıntıları

görebilen bir anlayışa acilen dönmesi, araştırmacıların da, biraz daha zahmetli veri işlemeyi gerektiren toplam teklif düzeyleri yaklaşımına yönelmeleri, ihtiyaç duyulan talep analizlerinin, yerel ve ulusal bazda üretilebilmesi için gereklidir. Toplam satış hacmi yaklaşımı, incelenen dönem uzun olsa da, neden olduğu veri kayıpları nedeniyle, yeterince gözlem elde edilmesini engellemektedir. Toplam teklif düzeyleri yaklaşımı ise daha kısa zaman kesitinde her zaman daha fazla gözlem üretebilen bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak, toplam teklif düzeyleri yaklaşımının, toplam satış hacmi yaklaşımına göre daha açıklayıcı ilişkiler ve denklemler üretebildiği, talep analizi yapacak araştırmacıların, açık satışların gözlemi sırasında, farklı fiyatlar karşısında teklif veren alıcı sayılarını da izleyerek, veri tabanına almasının gerekli olduğu, böylelikle daha kısa zamanda yapılmış gözlemlerden daha fazla gözlem elde ederek, daha sağlıklı analizlerin yapılabileceği görülmektedir.

Çerkeş OİM'nin Karaçam, Sarıçam ve Gökmar 3SNB tomruk talep fonksiyonlarından hesaplanan Marjinal ve Toplam etki değerleri, her bir ürün için en etkili değişkenin farklılaştığını kanıtlamaktadır. Bir regresyon denkleminde yer alan bağımsız değişkenin katsayısı, diğer değişkenler sabitken, bağımlı değişkende meydana gelecek değişimi göstermesi açısından önemli bir göstergedir. Ancak, Çizelge 7 ve 8'de yer alan bulguların karşılaştırılması halinde, Çerkeş işletmesinin Karaçam satışları üzerinde Gerede işletmesinin aynı gün satışının (-71,36 m³) Karabük işletmesinde satışa çıkan kısa boy tomruk miktarından daha fazla (-0,37 m³) azaltan etkide bulunduğu görülürken, hesaplanan toplam etkiler, aslında Karabük'teki ibrelili miktarının daha büyük (-34,80 m³) azaltıcı etkisi olduğunu göstermektedir. Benzer durum Gökmar 3SNB tomruk paçallık değişkeninde gözlenmektedir. -7,73 katsayı ve marjinal etki ile Gökmar talebi üzerinde boy değişkeninin artırıcı etkisi kadar, azaltıcı etkisi varmış gibi görünen paçallığın aslında -0,12 m³ düzeyinde bir düşürücü toplam etkiye sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Benzer ilişkileri, talebi artıran değişkenlerde de görmek olasıdır. Bu nedenle, Çerkeş işletmesinin yöneticilerinin veya bu işletmenin bağlı olduğu Ankara Orman Bölge Müdürlüğü İşletme ve Pazarlama Şube müdürlüğünün “satış günlerini çakıştırmamak” şeklindeki önlemlerle yetinmemesi, her bir işletmeye özel, izlenecek değişkenler listesi çıkarması hatta işletmeler arası etkileşimi izlemesi gerektiği görülmektedir. Nitekim, Kaya ve Ok'un (2021) saptadığı gibi, orman işletmeleri arasında sadece rekabet değil, dayanışma olarak nitelenebilecek, olumlu katkılar da bulunmaktadır. Bu nedenle, işletme, bölge ve ülke düzeyinde, talebin hangi değişkenlerle izleneceği, verileri sağlayacak birimler ile kullanmaya yetkili birimlerin bir an önce ortaya konması gereklidir.

Her fiyat artışının toplam geliri ve karı artırmayacağı, iktisaden bilinen bir gerçektir. Fiyat artış düzeyine bağlı olarak, gözlenecek talep düşüş düzeyleri işletme başarısını ortaya çıkarmaktadır. Birer endüstriyel mal olan, bir başka işletmenin üretimini teminatı hammaddeler olarak değerlendirilmesi gereken Karaçam, Sarıçam ve Gökmar 3SNB tomruk talebinin olabildiği kadar inelastik olması beklenir. Gerçekten de, üreticiler hammadde almadan üretimlerine devam edemeyecekleri için fiyat yükselse de, taleplerini sürdürmek zorundadır. Ancak, hesaplanan esneklik değerleri, her üç üründe de fiyatlar karşısında alıcıların farklı tutumlar gösterdiğini ortaya koymuştur.

Gökmar tomruk fiyatları 420 TL/m³ düzeyine erişince, bu ürünün talep esnekliği de 1,09 seviyesini bulmakta ve yükselmeye devam etmektedir. Bir başka ifadeyle, Gökmar alıcıları 420 TL ve altındaki fiyat değişimlerinde talep miktarlarını çok da değiştirme gereği duymazken, 420 TL'den sonra davranışlarını değiştirmektedir. Bu durum Karaçam'da 320 TL/m³, Sarıçamda ise 360 TL/m³ seviyesinde ortaya çıkmaktadır. Açık artırmalı satışlarda, nihai satış fiyatı rekabetin sonunda ortaya çıkarken, işletmenin belirlediği muhammen satış fiyatı, o açık artırmaya katılıp katılmama dolayısıyla, oluşacak rekabetin şiddetini etkilemekte ve muhammen fiyatı belirleme yetkisi tamamen işletme ve orman bölge müdürünün yetkisinde gerçekleşmektedir. Araştırma bulguları göstermektedir ki, "muhammen satış fiyatını artırırsak, katılım azalır" görüşü, Çerkeş işletmesinin Gökmar 3SNB tomruk satışlarında ancak 420 TL ve sonrası için kabul edilebilirken, altındaki fiyatlarda geçersiz bir beklentidir. Sonuç olarak, ürün ve işletme bazında hesaplanmış esneklik değerleri olmadan alınan fiyat kararlarının sonuçları ile ilgili beklentide bulunmak kabul edilebilir görünmemektedir.

Ülken'in (1993) belirttiği gibi, "tamamlayıcı mallar negatif, ikame mallar pozitif çapraz esnekliğe sahiptir" ve bu çalışma bulguları arasında yer alan çapraz esneklik hesaplamaları, Karaçam, Sarıçam ve Gökmar 3SNB tomruklar arasında hem tamamlayıcı hem ikame ilişkiler" olduğuna işaret etmektedir. Sonuç olarak, çapraz elastikiyet bulguları dikkate alınarak Çerkeş OİM'nin 3SNB tomruk müşterilerinin Karaçam veya Sarıçam fiyatları arttığında bir diğerini "ikame mal" olarak gördüğü, Gökmar fiyatları arttığında ise Sarıçamı "ikame mal" haline getirdiği anlaşılmaktadır. Bulunan negatif çapraz esneklik katsayıları Gökmar 3SNB tomruk için Karaçam 3SNB tomruğun "tamamlayıcı mal" olduğunu göstermektedir. Bu tamamlayıcılığı dikkate alarak, Çerkeş işletmesinin her açık satışında Gökmar ve karaçamdan mutlaka belirli miktarda bulundurması, her iki ürünün talebini de destekleyerek, toplam gelire etki edebilecek bir karar olduğunu bilmesi gereklidir. Ancak, Çerkeş'de Karaçam, Sarıçam ve Gökmar 3SNB tomruklar arasında saptanan tamamlayıcılık ve ikame mal durumlarının diğer işletmelerde veya ikinci sınıf, kısa veya uzun boy tomruklarda da geçerli olacağını söylemek olanaksızdır. Bu seçenekler için ayrı analizlerin yapılması gereklidir.

Orman Genel Müdürlüğü aslında 264 ayrı orman işletme müdürlüğünün zaman zaman birbiriyle rekabet ettiği, yer yer birbirlerini desteklediği açık satışlardan gelirlerinin önemli bir bölümünü elde etmektedir. 264 işletmeden biri olan Çerkeş Orman İşletme Müdürlüğü örneğinde görüldüğü gibi, bu işletmeler çok çeşitli türlerde, boyutlarda odun hammaddesi üretmektedir. Tüm işletmeler veya tüm ürünler için bir araştırma ile talebi analiz etmek, zamanın değişkenliği de dikkate alındığında, olanaksızdır. Bunun yerine, işletmeleri kendi verilerini tutan, analizlerini yapabilen ve pazarlama programlarını geliştirirken, yaptığı analiz sonuçlarını kullanabilen bir kapasite ve yeteneğe erişirmek hedeflenmelidir. Bu araştırma göstermiştir ki, toplam teklif düzeyleri yaklaşımına göre başlayacak bir veri kayıt sistemini temel alan analizlerle, bir yıllık bir gözlemden dahi, önemli pazarlama bilgileri elde etmek olanaklıdır ve analiz kapsamına giren veri çoğaldıkça, analizlerden elde edilecek bulguların açıklayıcılıkları daha da artacak, ilişki gözlenen ve gözlenmeyen değişkenler hakkında daha bilgi sahibi olunarak, bölgesel ve ulusal düzeyde daha sağlıklı

analizlerin altyapısı da kurulmuş olacaktır. Bu nedenle, aşağıdan yukarı bir veri toplama – analiz sistemi acilen kurulmalıdır.

Açıklama

Bu makale Orman Genel Müdürlüğü'nün bir ARGE birimi olan, İç Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsünde sonuçlanan 23.5303/2016-2018-2019 numaralı proje veri tabanından üretilmiştir.

Kaynaklar

- Acun, E., 1977. Türkiye Devlet Orman İşletmeleri Asal Ürünleri Pazarlamasının Orman İşletme Ekonomisi Bakımından İncelenmesi Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Çelikkilt Matbaası, İstanbul.
- Başkalkan, S.N., 2011. Orman işletmelerinde odun hammaddesi satış fiyatlarının analizi (Isparta Orman Bölge Müdürlüğü örneği). Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- ÇOB, 2004. Ulusal Ormanlık Programı 2004-2023. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Daniels B.J., Hayde, W.F., 1986. Estimation of supply and demand for North Carolina's timber. *Forest Ecology and Management*, 14: 59-67.
- Daniels, J.M., Paruszkiewicz, M.D., Alexander, S.J., 2016. Tongass National Forest Timber Demand: Projections for 2015 to 2030. USDA Forest Service, General Technical Report, PNW-GTR-934.
- Daşdemir, İ., 2003. Asli Orman Ürünlerinde Fiyat Analizi (Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Örneği). Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi Yayınları, Bartın.
- Demirel, E., 2006. Açık artırmalı tomruk satışlarında fiyat oluşum sürecinin incelenmesi (Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü örneği). Yüksek lisans tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Dilsiz, S. K., 2008. Devlet orman işletmelerinde müşteri tatmin ölçümü ve pazarlama yönetimi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İlter, E., Ok, K., 2012. Ormanlık ve Orman Endüstrisinde Pazarlama İlkeleri ve Yönetimi. HTC Matbaacılık, Ankara.
- Kayacan, B., Ucal, M.Ş., Öztürk, A., Balı, R., Koçer, S., Kaplan, E., 2012a. Modeling and forecasting the demand for industrial roundwood in Turkey: a primary econometric approach. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2): 1127-1132.
- Kayacan, B., Ucal, M.Ş., Öztürk, A., Balı, R., Koçer, S., Kaplan, E., 2012b. A primary econometric approach to modeling and forecasting the demand for fuelwood in Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(3&4): 934-937.
- Kayacan, B., Kara, O., Ucal, M.Ş., Öztürk, A., Balı, R., Koçer, S., Kaplan, E., 2013. An econometric analysis of imported timber demand in Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(1): 791-794.
- Kaya, G., Ok, K., 2021. Interactions among forest enterprises: Do they compete or cooperate with sales by auction on log prices? *Annals of Forest Research*, 64(2): 123-138.
- Majerus, G.A., 1982. Econometric estimation of demand and supply curves for timber in Montana, 1962-1980. MSc thesis, University of Montana, Graduate School, Missoula.
- Miraboğlu, M., 1958. Türkiye Devlet Orman İşletmelerinin İşletme İktisadi Bakımından Tetkiki. İstanbul Üniversitesi Yayınları, Fakülteler Matbaası, İstanbul.
- Miraboğlu, M., 1970. Pazarlama ve Mahiyeti. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 20(2): 56-69.
- Mucuk, İ., 1994. Pazarlama İlkeleri. Der Yayınları, İstanbul.
- Newbold, P., Carlson, W., Thorne, B., 2013. *Statistics for Business and Economics*. Pearson Education Edition, Essex.
- OGM, 2020. Orman Bilgi Sistemi (ORBİS) satış kayıtları. <https://orbis.ogm.gov.tr/orbis>. Accessed: 20.12.2020.

- Sendak, P.E., 1991. Timber Sale, Value as a Forest Service Function of Sale Characteristics and Number of Bidders. USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, Research Paper, NE-657.
- Tintner, G., 1971. İktisatçı İçin Matematik ve İstatistik. Çeviren: Erdoğan Alkin, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Yayınları, Sermet Matbaası, İstanbul.
- TurkStat, 2019. Yurtiçi üretici fiyat endeksi (ÜFE), NACE Rev.2 (2003=100). <https://data.tuik.gov.tr/img/SVG/excel.svg>. Accessed: 20.07.2019.
- Türker, M.F., 1996. Açık Artırmalı Orman Ürünleri (Tomruk) Satışlarında Fiyat Oluşumunun Araştırılması (Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği). Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: 93.115.002.01, Trabzon.
- UGACFB, 2019. University of Georgia Harvey Langdale Jr. Center for Forest Business. http://www.ugacfb.com/wp-content/uploads/2012/10/CFB_WDRReport_Q2-2012.pdf, Accessed: 06.12.2019.
- UGAWSF, 2019. Timber Mart-South. University of Georgia Warnell School of Forestry. <http://www.timbermart-south.com/index.html> , Accessed: 06.12.2019.
- UN Comtrade, 2021. United Nations Comtrade. International Trade Statistics Database. <https://comtrade.un.org/data/> , Accessed: 19.06.2021.
- Ülken, Y., 1993: Fiyat Teorisi. Filiz Kitabevi, İstanbul.

Orman işletmelerinde pazarlama fonksiyonunun yapısı üzerine görüşler

Murat Özen^{a,*} , Hasan Alkan^a 

Özet: Bu çalışma pazarlamanın işletme yönetimi için önemi ve orman işletmelerindeki yapısı hakkında orman mühendislerinin görüşlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında orman işletmelerinde pazarlama fonksiyonunun yapısına yönelik bazı hususlarda orman mühendisleri ile müşteri konumunda olan firmaların görüşleri de karşılaştırılmıştır. Araştırma verileri, literatür ve dokümantasyon analizi, gözlem, röportaj ve anket teknikleri ile toplanmıştır. İnternet üzerinden kamu ya da özel sektörde çalışmakta olan orman mühendislerine yönelik yürütülen ankete 410 kişi katılmıştır. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü'nden mal satın alan firmalara yönelik anket ise 59 firma yetkilisi ile yüz yüze gerçekleştirilmiştir. Araştırma verilerinin analizinde temel istatistik testler, ki-kare testi ve Mann-Whitney U testinden yararlanılmıştır. Araştırma bulgularına göre; pazarlama gelişim süreçlerinin ilk aşaması olan üretim anlayışı döneminin etkilerinin iyiden iyiye azaldığı ve pazarlamanın özellikle tutundurma çabaları yönünden geçmiş yıllara göre daha fazla önemsenmeye başladığı belirlenmiştir. Bununla birlikte başta odun dışı ürün ve hizmetlere hala gereken önemin verilmemesi, orman ürünlerinin fiyatlandırılmasında ve satışında yaşanan sorunlar vb. gibi önemli eksiklikler de söz konusudur.

Anahtar kelimeler: Pazarlama, Pazarlama karması, Pazarlama fonksiyonu, Devlet Orman İşletmeleri

Opinions on the structure of marketing function in forest enterprises

Abstract: This study was carried out to determine the opinions of forest engineers about the importance of marketing for business management and its structure in forestry enterprises. Within the scope of the research, the opinions of forest engineers and companies that are in the position of customers were also compared on some issues regarding the structure of the marketing function in forest enterprises. The data of research were collected through literature and documentation analysis, observation, interview and survey techniques. 410 people participated in the online survey conducted for forest engineers working in the public or private sector. The survey for companies purchasing products from the Isparta Regional Directorate of Forestry was conducted face-to-face with 59 company officials. Basic statistical tests, chi-square test and Mann-Whitney U test were used in the analysis of the research data. According to the research findings; It has been determined that the effects of the production concept, which is the first stage of the marketing development processes, have rather decreased, and that marketing has started to be given more importance especially in terms of promotion efforts. However, there are also important shortcomings such as the lack of importance to non-wood products and services, the problems in the pricing and sales of forest products etc.

Keywords: Marketing, Marketing mix, Marketing function, State Forest Enterprises

1. Giriş

Ülkemiz ormanlarının tamamına yakını, devlet ormanı olup Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı Orman Genel Müdürlüğü (OGM) ve bu kurumun taşra teşkilatı tarafından sürdürülebilirlik ilkesine göre yönetilip, işletilmektedir. Bu durum 1961 ve 1982 Anayasalarında “devlet ormanlarının devletçe yönetilip ve işletileceği” hükmünün yer alması dolayısıyla 6831 sayılı Orman Kanunu’nda “devlet ormanlarının devletçe işletileceği ve devlet ormanlarına ait her çeşit işleri OGM tarafından yapılacağı” belirtilmesinden kaynaklanmaktadır. (Daşdemir, 2011; OGM, 2015a; OGM, 2019).

Devlet orman işletmelerinin temel görevi, toplumun orman kaynaklarından talep ettiği mal ve hizmetleri sürdürülebilirlik ve çok yönlü yararlanma ilkeleri içerisinde karşılamaktır. Devlet orman işletmeleri hem kamu hizmeti gören devlet kuruluşu, hem de ülkemizdeki orman kaynaklarını işleten iktisadi bir girişim özelliği olan kuruluşlardır. OGM’ye bağlı devlet orman işletmelerinin

amaçlarını gerçekleştirebilmeleri için tedarik, satın alma, yönetim, araştırma-geliştirme, pazarlama, halkla ilişkiler, finansman, muhasebe gibi işletme fonksiyonlarını dikkate alma zorunlulukları bulunmaktadır (Daşdemir, 2003).

Orman işletmeleri hem mal hem de hizmet üreterek uzun yıllar monopol bir piyasa içerisinde yer almıştır. Orman kaynaklarının sürekliliğinin sağlanması ve toplumsal fayda sunma gibi amaçlar sebebiyle kârlılık, iktisadilik ve verimlilik ilkeleri orman işletmelerinde arka planda tutulmuş, buna bağlı olarak da pazarlama fonksiyonu yeterince önemsenmemiştir. Farklı sektörlerde daha hızlı ve dinamik bir şekilde ilerleme gösteren pazarlama anlayışı orman işletmeciliği açısından uzun bir süre “ne üretirim satılır” düşüncesinin hâkim olduğu üretim anlayışı ile özdeşleştirilmiştir (Alkan, 2001; İltar ve Ok, 2004; Alkan, 2007; Alkan, vd., 2010a; Alkan vd., 2010b; Korkmaz vd., 2010; Alkan vd., 2014; Alkan, vd., 2017; Alkan ve Araç, 2022). Diğer taraftan modern işletmeciliğin önemli amaçlarından olan müşteri memnuniyeti gibi konuların yeterince önemsenmemesi hem gelir ve giderlerin kontrol ile

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

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 06.04.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 09.05.2023



Citation (Atıf): Özen, M., Alkan, H., 2023. Orman işletmelerinde pazarlama fonksiyonunun yapısı üzerine görüşler. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 111-121.
DOI: [10.18182/tjf.1278482](https://doi.org/10.18182/tjf.1278482)

yönetiminin yeterince dikkate alınmamasına hem de muhasebe ve pazarlama gibi işletmecilik tarafı ağır basan fonksiyonların yeterince gelişmemesine neden olmuştur (Türker, 2000; Daşdemir, 2003; Alkan, 2007; Türker, 2008; Daşdemir, 2009).

Ekonomik ve ticari alanlarda yaşanan değişimlerin de etkisiyle 1990'lı yıllardan itibaren orman ürünleri piyasası monopol bir yapıdan eksik rekabet koşullarının olduğu bir yapıya dönüşmeye başlamış ve orman işletmeleri, pazarlama fonksiyonu bakımından yaşadığı sorunlar nedeniyle rekabette zorlanmaya başlamış; bunun sonucunda da pazar paylarında azalmalar meydana gelmiştir (Türker, 1996; Daşdemir, 2008). Bütün bunların neticesi olarak orman işletmeleri en yüksek fayda sağlayabilmek için fiyat, standardizasyon, tazelik, zamanlama gibi tüketici taleplerini dikkate alan üretim yöntemlerini önemsemeye başlamıştır (Ok, 1997).

Geçen süre içerisinde orman işletmelerinde pazarlama alanında bazı gelişmeler meydana gelmiştir. Odun dışı orman ürünleri (ODOÜ)'nin önemli bir gelir kaynağı olarak görülmeye başlanması ile birlikte orman işletmelerinin mal karması çeşitlenmeye başlamıştır. ODOÜ'nün devamlılığını sağlamak ve daha düzenli şekilde faydalanmak için ODOÜ envanter planları ve tür bazlı eylem planları hazırlanmıştır. Tüketicilere kendi isteklerine göre odun hammaddesi üretme imkânı sağlayan dikili satış yöntemi her geçen gün daha da yaygın hale gelmiştir. İnternet hizmetlerinde yaşanan gelişmelerle birlikte müşteriler alacakları ürünler hakkında depoya gitmeden ihale öncesi bilgi sahibi olma ve son gelişmelerle birlikte ihale salonuna gitmeden buldukları yerden ürün alma imkânına kavuşmuşlardır. Orman ürünleri satış ihaleleri 2019 yılından itibaren elektronik olarak da yapılmaya başlanmış, pandemi süreci sonrası ise elektronik satışlar iyiden iyiye yaygınlaşmıştır (Alkan ve Araç, 2022). "Geleceğe Nefes" gibi ülke ve dünya çapında etkili organizasyonlar düzenlenmiştir. Bu ve buna benzer yenilik ve gelişmelerle ormancılık teşkilatı daha da güçlü hale gelmektedir.

Öz bir ifadeyle pazarlama dinamik bir kavram olup; pazarlama ile ilgili kavramlar, yaklaşımlar ve uygulamalar zaman içerisinde değişikliğe uğrayabilmektedir. Geçmişten günümüze orman işletmelerinin pazarlama fonksiyonlarının yapılarında da çok önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Bu araştırmanın amacı söz konusu değişikliklere yönelik bazı tespitler yapmak ve bu değişikliklere yönelik olarak orman mühendislerinin görüşlerini belirlemektir. Araştırma kapsamında pazarlama ile ilgili önemli görülen bazı hususlarda orman mühendisleri ile Isparta Orman Bölge Müdürlüğü'nden mal satın alan firma temsilcilerinin görüşleri karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Araştırmada izlenen yol;

- Mevcut literatür ve dokümanların incelenerek kavramsal çerçevenin oluşturulması,
- Mülakat ve gözlemler,
- Anket formunun geliştirilmesi ve uygulanması,
- Elde edilen verilerin istatistiksel analizi ve yazımı şeklindedir.

Araştırma verilerinin toplanmasında anket tekniğinden yararlanılmıştır. Orman mühendislerine yönelik anket çalışması ölçek büyüklüğü nedeniyle internet üzerinden yürütülmüştür. Bunun için öncelikle formlar geliştirilmiştir. Uzman görüşleri ve pilot uygulamalar yardımıyla son şekli verilen formlar elektronik form haline dönüştürülmüş ve internet üzerinden paylaşımına açılmıştır.¹ Anketler 05.03.2019-01.10.2019 tarihleri arasında kamuda ya da özel sektörde çalışan orman mühendislerinin katılımına açık bir şekilde yürütülmüştür. Araştırmaya 410 kişi katılmıştır. Anketlerin yaygınlaştırılmasında kartopu örneklem modeli kullanılmıştır. Kartopu örneklem modeli temelinde, devamlı olarak yeni katılımcılara erişmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda tanınan ve erişilebilen ilk katılımcıyla çalışmaya başlanılmakta ve ilk katılımcıların yardımıyla büyüyerek diğer katılımcılara erişmek amaçlanmaktadır (Punch, 1998). Ayrıca anket formunda yer alan 14 soru Isparta Orman Bölge Müdürlüğü (IOBM)'nden mal satın alan 59 firmaya da uygulanmıştır. Firmalara uygulanan anketler her bir firmaya tek tek gidilerek iş yeri sahipleriyle yüz yüze görüşülerek gerçekleştirilmiştir.

Anket formunda; orman işletmelerinde pazarlama ve pazarlama karmasının elemanlarından olan mal, fiyat, dağıtım, tutundurma gibi hususlara yer verilmiştir. Ölçek güvenilirliğini hesaplamak için Cronbach's Alpha katsayısından yararlanılmıştır. Cronbach's Alpha katsayı 0,908 olarak bulunmuştur. Cronbach's alfa katsayısı sürekli, aralıklı ya da ardışık 4 ya da 5 seçeneği cevaplar içeren k sayıdaki soruyu içeren bir ölçeğin, herhangi bir yargıyı sorgulama gücünü, yeterliliğini, güvenilirliğini, genel tutarlılığını ve soru türdeşliğini ölçmeye yarayan bir katsayıdır. Cronbach's alfa katsayısı $0.80 \leq \alpha < 1.00$ aralığında olması ölçeğin yüksek derecede güvenilir olduğunu göstermektedir (Özdamar, 2013).

Anket formlarıyla elde edilen veriler Statistical Package for Social Science (SPSS) 20.0 istatistik paket programı ve MS Excel yazılımı yardımıyla değerlendirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde temel istatistik testlerden, ki-kare ve Mann-Whitney U testlerinden yararlanılmıştır. Ki-kare testi parametrik olmayan testlerden olup, iki veya daha fazla değişken grubu arasında ilişki bulunup bulunmadığını incelemek amacıyla kullanılmaktadır (Kalaycı, 2006). Araştırmada bu test anket formunda yer alan cinsiyet, eğitim durumu, meslek durumu ve tecrübe değişkenleri ile katılımcılara sunulan önermeler arasında istatistiksel bakımdan anlamlı bir ilişki olup olmadığını belirlemek için kullanılmıştır. Mann-Whitney U testi ise, iki bağımsız grubun ilgilenilen değişken bakımından evrende benzer dağılımlara sahip olup olmadığını test etmek amacıyla kullanılmaktadır (Büyüköztürk, 2002). Araştırma kapsamında bu test, orman mühendislerine uygulanan anket formundan seçilmiş 14 önermeye, orman mühendisleri ve firma temsilcilerinin katılım durumları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olup olmadığını belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır.

¹

3. Bulgular

3.1. Katılımcıların genel profil özellikleri

Ankete katılan orman mühendislerinin genel profil özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1’e göre araştırmaya katılan orman mühendislerinin %77.6’sını erkekler, %22.4’ünü kadınlar oluşturmaktadır. Katılımcıların büyük bir bölümü lisans mezuniyetine sahipken, aynı zamanda lisansüstü dereceye (yüksek lisans ve doktora) sahip olanlarda yaklaşık %30 ile iyi düzeydedir. Bunun nedeni özellikle son yıllarda orman mühendislerinin lisansüstü eğitim için istek düzeylerinin artışıdır. Katılımcıların %31.0’ı orman işletme şefi, %4.0’ı orman işletme müdürü, %1.0’ı işletme ve pazarlama şube müdürü, %28.5’i OGM’ye bağlı birimlerde mühendis, %4.1’i diğer genel müdürlükler ve bağlı birimlerde orman mühendisi, %8.3’ü serbest meslek mensubu, %1.2’si emekli orman mühendisi, %3.9’u akademisyen ve %18.0’ı ise diğer birimlerde görev yapan orman mühendislerinden oluşmaktadır. Katılımcıların %35.9’u 1-5 yıllık, %26.8’i 6-10 yıllık, %17.6’sı 11-15 yıllık, %5.1’i 16-20 yıllık, %14.6’sı 21 yıl ve üzeri tecrübeye sahiptirler.

Anket çalışmasına ait bulgular konu bütünlüğünün sağlanması amacıyla 5 başlık altında toplanmıştır. Bunlar pazarlama yaklaşımı ve gelişimine yönelik hususlar, pazarlama karmasının elemanlarından mal, fiyat, dağıtım ve tutundurmaya yönelik hususlar şeklindedir.

3.2. Pazarlama yaklaşımı ve gelişimine yönelik hususlar

Ankette yer alan pazarlama yaklaşımı ve gelişimine yönelik önermeler ve katılımcıların vermiş olduğu cevaplar Çizelge 2’de verilmiştir. Bu önermeler arasında “Pazarlamanın sadece satış ve satış artırma olarak görülmesi doğru değildir. Pazarlama çok daha geniş kapsamlı bir kavramdır. Üretimden önceki aşamaları ve üretimden sonrasını da kapsamaktadır” önermesi en yüksek

katılımın olduğu önermedir. “Orman işletmeleri ürettikleri ürünleri her ne pahasına olursa olsun satmalı, bunun içinde müşteriye kandırmak dâhil, elinden ne geliyorsa yapmalıdır” önermesi ise en düşük katılıma sahiptir.

Çizelge 2’ye göre katılımcıların %48.2’si orman işletmelerinin mevcut pazarlama anlayışından, kullandığı yol ve yöntemlerden memnun olduğunu belirtirken, %18.6’sı memnun olmadığını belirtmiştir. Katılımcıların yaklaşık üçte biri (%33.2) ise bu önerme için kararsız kalmıştır. Katılımcıların %67.5’i geçmişten günümüze bir değerlendirme yapıldığında orman işletmelerindeki pazarlama anlayışının iyi yönde gelişme gösterdiği önermesini desteklerken, %20.3’lük kısmı ise bu önerme için kararsız kalmıştır. Katılımcıların %65.9’u orman işletmelerinin pazarlamaya yönelik çalışmalar yapmasına gerek olmadığını, orman işletmelerinin rakibi olmadığı için ne üretirse satılacağı önermesini desteklemezken, %21.7’lik bir kısım ise orman işletmelerini rakipsiz olarak görmektedir. Katılımcıların %77.3’ü orman işletmelerinin ürünlerini müşteriye kandırmak da dahil olmak üzere her şekilde satmalı önermesini desteklemezken, %18.5’lik kısım ise müşteriye kandırmak da dahil olmak üzere her şekilde ürünlerini satması gerektiği belirtmiştir. Katılımcıların %78.7’si orman işletmelerinin her ne şekilde olursa olsun satışları arttırmak değil, müşteriye kaliteli ve uygun fiyatlı ürünlerle tatmin etmenin yollarını aramalı ve böylece satışların kendiliğinden artacağını belirtmiştir. Pazarlamanın sosyal boyutu olan bir kavram olduğu ve işletmelerin mal satmak kadar çevreye duyarlı olması gerektiği önermesini katılımcıların büyük bir çoğunluğu (%94) desteklemektedir. Katılımcıların %74.9’u küresel pazarlama anlayışının orman işletmelerini de etkilediğini ve bu yüzden orman işletmelerinin dünyanın her yerinden rakipleri olduğunu belirtmiştir. Katılımcıların %76.8’i dikili satış uygulamalarında hala önemli sorunlar olduğunu ifade etmiştir. Katılımcıların %21.5’i dikili satış uygulamalarından vazgeçilmesi gerektiğini belirtirken, %55.8’i devam etmesi gerektiğini, %22.7’si ise bu önerme için kararsız kalmıştır.

Çizelge 1. Katılımcıların genel profil özellikleri

Özellikler	Değer	Sayı	Yüzde(%)
Cinsiyet	Erkek	318	77.6
	Kadın	92	22.4
Eğitim Durumu	Lisans	291	71.0
	Yüksek Lisans	104	25.4
	Doktora	15	3.6
	Orman İşletme Şefi	127	31.0
Meslek durumu	Orman İşletme Müdürü	16	4.0
	İşletme ve Pazarlama Şube Müdürü	4	1.0
	Orman Bölge Müdürü	-	-
	OGM’ye bağlı birimlerde mühendis	117	28.5
	Diğer genel müdürlükler ve bağlı birimlerinde orman mühendisi	17	4.1
	Serbest meslek mensubu (Özel sektör)	34	8.3
	Emekli orman mühendisi	5	1.2
	Akademisyen	16	3.9
	Diğer	74	18.0
	Görev süresi	1-5 yıl	147
6-10 yıl		110	26.8
11-15 yıl		72	17.6
16-20 yıl		21	5.1
21 ve üzeri		60	14.6

Çizelge 2. Pazarlama yaklaşımı ve gelişimine yönelik önermelere verilen cevaplar

Önermeler	Katılım durumu*					Ort.
	5	4	3	2	1	
Pazarlamanın sadece satış ve satış artırma olarak görülmesi doğru değildir. Pazarlama çok daha geniş kapsamlı bir kavramdır. Üretimden önceki aşamaları ve üretimden sonrasını da kapsamaktadır.	%59.7 (245)	%34.4 (141)	%2.9 (12)	%2.0 (8)	%1.0 (4)	4.5
Orman işletmelerinin mevcut pazarlama anlayışından, kullandığı yol ve yöntemlerden memnunum.	%10.2 (42)	%38.0 (156)	%33.2 (136)	%14.9 (61)	%3.7 (15)	3.4
Geçmişten günümüze bir değerlendirme yapıldığında orman işletmelerindeki pazarlama anlayışı iyi yönde bir gelişme göstermiştir.	%18.5 (76)	%49.0 (201)	%20.3 (83)	%10.5 (43)	%1.7 (7)	3.7
Orman işletmelerinde pazarlamaya dönük herhangi bir etkinliğe gerek yoktur. İşletmeler zaten rakipsiz olduğu için ne üretirse üretilsin satılır.	%9.3 (38)	%12.4 (51)	%12.4 (51)	%40.3 (165)	%25.6 (105)	2.4
Orman işletmeleri ürettikleri ürünleri her ne pahasına olursa olsun satmalı, bunun içinde müşteriyi kandırmak dâhil, elinden ne geliyorsa yapmalıdır.	%9.0 (37)	%9.5 (39)	%4.2 (17)	%20.2 (83)	%57.1 (234)	1.9
Orman işletmeleri her ne pahasına olursa olsun satışları arttırmak değil de müşteriyi kaliteli ve uygun fiyatlı ürünlerle tatmin etmenin yollarını aramalıdır. Bu sayede satışlar zaten kendiliğinden artacaktır.	%39.7 (163)	%39.0 (160)	%11.0 (45)	%6.6 (27)	%3.7 (15)	4.0
Pazarlama sosyal boyutu da olan bir kavramdır. İşletmeler mal satmak kadar çevreye de duyarlı olmak zorundadır.	%62.0 (254)	%32.0 (131)	%3.8 (16)	%1.0 (4)	%1.2 (5)	4.5
Küresel pazarlama anlayışı orman işletmelerini de etkilemiştir. Artık orman işletmelerinin dünyanın her yerinden rakipleri bulunmaktadır.	%36.6 (150)	%38.3 (157)	%15.1 (62)	%8.0 (33)	%2.0 (8)	4.0
Dikili satış uygulamalarında hala önemli sorunlarla karşılaşılmaktadır.	%36.8 (151)	%40.0 (164)	%13.2 (54)	%5.1 (21)	%4.9 (20)	4.0
Dikili satış uygulamalarından vazgeçilmelidir.	%10.5 (43)	%11.0 (45)	%22.7 (93)	%25.6 (105)	%30.2 (124)	2.5

* (5) Kesinlikle Katılıyorum (4) Katılıyorum (3) Kararsızım (2) Katılmıyorum (1) Kesinlikle Katılmıyorum

3.3. Mal ile ilgili hususlar

Orman işletmelerinin mal konsepti oduna dayalı ürünler, odun dışı orman ürünleri ve hizmetlerden oluşmaktadır. Bu kapsamda hazırlanan önermelere katılım durumları Çizelge 3'te verilmiştir. Bu önermeler arasında "Orman işletmeleri geçmiş yıllarda odunun dışındaki mal ve hizmetleri yeterince önemsememiştir" önermesi en yüksek katılımın olduğu önermedir. "Orman işletmelerinin asli görevi odun üretimidir" önermesi ise en düşük katılıma sahiptir. Çizelge 3'e göre katılımcıların %20.2'si orman işletmelerinin asli görevinin odun üretimi olduğunu düşünürken, %72.5'i ise orman işletmelerinin odun üretimi dışında birçok görevi olduğunu düşünmektedir. Bu durum odun dışı orman ürün ve hizmetlerin öneminin artmasıyla açıklanabilmektedir. Katılımcıların %74.4'ü orman işletmelerinin geçmiş yıllarda odunun dışındaki mal ve hizmetleri yeterince önemsemediğini ve aynı şekilde katılımcıların %60.7'si orman işletmelerinin odunun dışındaki orman ürünlerine hala yeterince önem vermediğini düşünmektedir. Katılımcıların %64.2'si orman işletmelerinin kaliteli mal ürettiğini, %60.5'i orman işletmelerinin kaliteli hizmet (rekreasyon vb.) ürettiğini belirtmiştir. Mal karması bakımından bir değerlendirme yapıldığında katılımcıların %55.1'i odun kökenli ürünler, %32.9'u odun dışı orman ürünleri, %40.2'si hizmetler bakımından orman işletmelerinin yeterli ürün çeşitliliğini sağladığı ifade edilmektedir.

3.4. Fiyat ile ilgili hususlar

Fiyat: mal, hizmet ve düşüncelerin değişim veya birim değerinin parasal bir ölçüsüdür. Oduna dayalı ürünlerin fiyatları genel itibarıyla maliyet artı fiyatlandırma yöntemini esas alan kısmen de talebi dikkate alan bir şekilde belirlenmektedir. Odun dışı orman ürünleri özellikle de hizmetlerin fiyatlandırılmasında bazı sorunlar bulunmaktadır. Bu kapsamda hazırlanan önermelere katılım durumları Çizelge 4'te verilmiştir. Bu önermeler arasında

"Orman ürünlerinin satışında orman işletmelerinin alıcılara kredi kartı vb. seçeneklerle ödeme kolaylığı sağlaması güzel bir uygulamadır" önermesi en yüksek katılımın olduğu önermedir. "Orman işletmeleri odun dışı orman ürünleri için iyi bir fiyatlama yöntemine sahiptir" önermesi ise en düşük katılıma sahiptir.

Çizelge 4'e göre katılımcıların %59.1'i odun kökenli ürünler, %42.2'si odun dışı orman ürünleri, %57.6'sı ise topluma sunulan hizmetler bakımından, orman işletmelerinin uygun bir fiyat belirleme yöntemine sahip olduğunu düşünmektedir. Katılımcıların %84.1'i orman işletmelerinde kullanılmakta olan ihaleli satışların, %62.7'si tahsisli satışların, %62.5'i ise pazarlıklı satışların mutlaka gerekli olduğunu ve devam etmesi gerektiği belirtmiştir. Katılımcıların %73.9'u orman işletmelerinde kullanılmakta olan ihaleli satışların, %72'si tahsisli satışların, %66.6'sı ise pazarlıklı satışların geliştirilmesi gerektiğini düşünmektedir. Katılımcıların büyük bir çoğunluğu (%88.8) orman işletmelerinin orman ürünlerinin satışında alıcılara kredi kartı vb. seçeneklerle ödeme kolaylığı sağlanmasının güzel bir uygulama olduğunu önermesini desteklemektedir. Katılımcıların %73.2'si dikili satış uygulamalarını gerekli ve yararlı olarak değerlendirmiştir.

3.5. Tutundurma ile ilgili hususlar

Pazarlama stratejilerinde önemli bir işlevi olan tutundurma faaliyeti, müşterileri tanıma, onların ihtiyaçlarına cevap verme ve alıcıların karar verme süreçlerini destekleme çabalarıdır. Bu kapsamda hazırlanan önermelere katılım durumları Çizelge 5'te verilmiştir. Bu önermeler arasında "Orman işletmeleri mutlaka müşteri profillerini belirlemeye yönelik çalışmalar yapmalı ve ortaya çıkan bulguları değerlendirmelidir" önermesi en yüksek katılımın olduğu önermedir. "Orman ve ormancılık faaliyetleri hakkında yapılan tanıtım, halkla ilişkiler, vb. çalışmalar yeterlidir" önermesi ise en düşük katılıma sahiptir.

Çizelge 3. Mal ile ilgili önermelere verilen cevaplar

Önermeler	Katılım durumu*					Ort.
	5	4	3	2	1	
Orman işletmelerinin asli görevi odun üretimidir.	%8.0 (33)	%12.2 (50)	%7.3 (30)	%35.2 (144)	%37.3 (153)	2.2
Orman işletmeleri geçmiş yıllarda odunun dışındaki mal ve hizmetleri yeterince önemsememiştir.	%38.5 (158)	%35.9 (147)	%10.2 (42)	%11.5 (47)	%3.9 (16)	3.9
Orman işletmeleri odunun dışındaki mal ve hizmetlere hala yeterince önem vermemektedir.	%26.6 (109)	%34.1 (140)	%15.4 (63)	%16.3 (67)	%7.6 (31)	3.6
Orman işletmeleri kaliteli mal üretmektedir.	%17.6 (72)	%46.6 (191)	%24.1 (99)	%8.5 (35)	%3.2 (13)	3.7
Orman işletmeleri kaliteli hizmet (örneğin rekreasyon, vb.) üretmektedir.	%15.6 (64)	%44.9 (184)	%25.1 (103)	%11.5 (47)	%2.9 (12)	3.6
Orman işletmelerinin (Odun kökenli ürünler bakımından) müşterilerine sunduğu ürün çeşitliliği yeterlidir.	%18.3 (75)	%36.8 (151)	%22.2 (91)	%17.6 (72)	%5.1 (21)	3.5
Orman işletmelerinin (Odun dışı orman ürünleri bakımından) müşterilerine sunduğu ürün çeşitliliği yeterlidir.	%12.7 (52)	%20.2 (83)	%25.9 (106)	%28.5 (117)	%12.7 (52)	2.9
Orman işletmelerinin (hizmetler bakımından) müşterilerine sunduğu ürün çeşitliliği yeterlidir.	%12.4 (51)	%27.8 (114)	%25.9 (106)	%26.6 (109)	%7.3 (30)	3.1

*(5) Kesinlikle Katılıyorum (4) Katılıyorum (3) Kararsızım (2) Katılmıyorum (1) Kesinlikle Katılmıyorum

Çizelge 4. Fiyat ile ilgili önermelere verilen cevaplar

Önermeler	Katılım durumu*					Ort.
	5	4	3	2	1	
Orman işletmeleri odun kökenli ürünler için iyi bir fiyatlama yöntemine sahiptir.	%16.4 (67)	%42.7 (175)	%22.4 (92)	%14.1 (58)	%4.4 (18)	3.5
Orman işletmeleri odun dışı orman ürünleri için iyi bir fiyatlama yöntemine sahiptir.	%12.4 (51)	%29.8 (122)	%26.6 (109)	%21.2 (87)	%10.0 (41)	3.1
Orman işletmelerinde kullanılmakta olan yükseltmek teklif verme yoluyla satışlar (ihaleli satışlar) mutlaka gereklidir ve uygulanmaya devam edilmelidir.	%39.0 (160)	%45.1 (185)	%10.3 (42)	%2.9 (12)	%2.7 (11)	4.1
Yükseltmek teklif verme yoluyla satışların (ihaleli satışlar) geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.	%30.0 (123)	%43.9 (180)	%16.6 (68)	%6.1 (25)	%3.4 (14)	3.9
Orman işletmeleri tarafından kullanılmakta olan pazarlıklı satışlar mutlaka gereklidir ve uygulaması devam etmelidir.	%23.2 (95)	%39.3 (161)	%24.9 (102)	%9.2 (38)	%3.4 (14)	3.7
Pazarlıklı satışların geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.	%25.1 (103)	%41.5 (170)	%22.9 (94)	%7.3 (30)	%3.2 (13)	3.8
Orman işletmeleri tarafından kullanılmakta olan tahsisli satışlar mutlaka gereklidir ve uygulanmaya devam edilmelidir.	%21.7 (89)	%41.0 (168)	%19.8 (81)	%11.7 (48)	%5.8 (24)	3.6
Tahsisli satışların geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.	%24.9 (102)	%47.1 (193)	%17.3 (71)	%7.5 (31)	%3.2 (13)	3.8
Orman işletmeleri topluma sunduğu hizmetler için iyi bir fiyatlama yöntemine sahiptir.	%16.6 (68)	%41.0 (168)	%26.1 (107)	%12.9 (53)	%3.4 (14)	3.5
Orman ürünlerinin satışında orman işletmelerinin alıcılara kredi kartı vb. seçeneklerle ödeme kolaylığı sağlaması güzel bir uygulamadır.	%50.0 (205)	%38.8 (159)	%6.8 (28)	%2.4 (10)	%2.0 (8)	4.3
Dikili satış uygulamaları yararlı ve gerekli uygulamalardır.	%36.8 (151)	%36.4 (149)	%15.4 (63)	%6.3 (26)	%5.1 (21)	3.9

*(5) Kesinlikle Katılıyorum (4) Katılıyorum (3) Kararsızım (2) Katılmıyorum (1) Kesinlikle Katılmıyorum

Çizelge 5. Tutundurma ile ilgili önermelere verilen cevaplar

Önermeler	Katılım durumu*					Ort.
	5	4	3	2	1	
Orman işletmeleri mutlaka müşteri profillerini belirlemeye yönelik çalışmalar yapmalı ve ortaya çıkan bulguları değerlendirmelidir.	%49.8 (204)	%39.7 (163)	%4.9 (20)	%4.9 (20)	%0.7 (3)	4.3
Orman işletmeleri devamlı kendisinden mal alan sadık müşterilerine daha fazla önem ve öncelik vermeli bazı ayrıcalıklar tanımalıdır.	%18.5 (76)	%26.6 (109)	%19.3 (79)	%23.2 (95)	%12.4 (51)	3.2
Orman ve ormancılık faaliyetleri hakkında yapılan tanıtım, halkla ilişkiler, vb. çalışmalar yeterlidir.	%11.7 (48)	%19.8 (81)	%17.3 (71)	%31.2 (128)	%20.0 (82)	2.7
Orman işletmeleri mutlaka ürettikleri mal ve hizmetlerin tanıtımına yönelik çalışmalar yapmalıdır.	%49.6 (203)	%38.0 (156)	%6.1 (25)	%2.9 (12)	%3.4 (14)	4.3
21 Mart'ta yapılan fidan dağıtımları, ağaçlandırmalar, kutlamalar, vb. çabaların toplumda doğa ve ağaç sevgisi arttırmaya ve ormancılığı tanıtmaya önemli katkısı bulunmaktadır.	%54.9 (225)	%33.2 (136)	%6.1 (25)	%2.9 (12)	%2.9 (12)	4.3
Orman ürünlerinin sertifikalandırılmasını olumlu buluyorum.	%49.0 (201)	%38.3 (157)	%7.8 (32)	%1.5 (6)	%3.4 (14)	4.3
Sertifika almış olan orman işletmelerinin ürettiği ürünlerin daha çok tercih edildiğini/edileceğini düşünüyorum.	%39.5 (162)	%37.8 (155)	%14.4 (59)	%5.1 (21)	%3.2 (13)	4.1
Orman işletmelerinin Sertifikasyon sürecinde harcadıkları paraların orman işletmelerine mutlaka geri dönüşü olacağına inanıyorum.	%33.6 (138)	%40.0 (164)	%16.6 (68)	%5.9 (24)	%3.9 (16)	3.9
Gelecekte sertifikalı ürünlere olan ilgi artacağı için bütün işletmelerin sertifikasyon sürecine (örneğin FSC) dâhil olması ve sertifika alması gerektiğini düşünüyorum.	%38.0 (156)	%39.5 (162)	%14.9 (61)	%3.9 (16)	%3.7 (15)	4.0

*(5) Kesinlikle Katılıyorum (4) Katılıyorum (3) Kararsızım (2) Katılmıyorum (1) Kesinlikle Katılmıyorum

Çizelge 5'e göre katılımcıların büyük bir çoğunluğu (%89.5) orman işletmelerinin müşteri profili belirlemeye yönelik çalışmalar yapmasını ve çıkan bulguları değerlendirmesi gerektiğini düşünmektedir. Katılımcıların %45.1'i orman işletmeleri sürekli kendisinden mal alan sadık müşterilerine daha fazla önem ve öncelik vermeli bazı ayrıcalıklar tanımalı önermesini desteklerken, %35.6'sı önermeyi desteklememekte, %19.3'ü ise bu önerme için kararsız kalmıştır. Katılımcıların yarısından fazlası (%51.2) ormancılıkla ilgili yapılan tanıtım, halkla ilişkiler vb. çalışmaları yetersiz bulurken, %87.6'sı ise orman işletmelerinin ürettiği mal ve hizmetlerin tanıtımına yönelik çalışmalar yapılması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca katılımcıların büyük bir kısmı (%88.1) 21 Martta yapılan etkinliklerin doğa sevgisini arttırmaya ve ormancılığın tanıtımına önemli katkısı olduğunu düşünmektedir. Katılımcıların büyük bir çoğunluğu (%87.3) orman ürünlerinin sertifikalandırılması gerektiğini, %77.3'ü sertifika almış orman işletmelerinin ürettiği ürünlerin daha çok tercih edileceğini, %73.6'sı sertifikasyon sürecinde harcanan paraların orman işletmelerine geri dönüşü olacağını ve %77.5'i gelecekte sertifikalı ürünlere olan ilginin artacağı için bütün işletmelerin sertifika almasını ya da bu sürece dahil olması gerektiğini ifade etmişlerdir.

3.6. Dağıtım ile ilgili hususlar

Üretilen mal ve hizmetlerin alıcılara ulaştırılma çalışmaları dağıtım olarak isimlendirilmektedir. Bu kapsamda hazırlanan önermelere katılım durumları Çizelge 6'da verilmiştir. Bu önermeler arasında "Merkezi depo uygulamaları gerekli ve yararlıdır" önermesi en yüksek katılımın olduğu önermedir. "Ülkemizde depodan yapılan satışlarda önemli sorunlarla karşılaşılacaktır" önermesi ise en düşük katılıma sahiptir.

Çizelge 6'ya göre katılımcıların %40.7'si depolardan yapılan satışlarda önemli sorunlarla karşılaştığı, 54.1'i orman işletmelerinin odun depolama ve satışı ile ilgili önemli sorunları olduğunu düşünmektedir. Katılımcıların %73.5'i merkezi depo uygulamalarını gerekli ve yararlı olarak değerlendirmiştir.

3.7. Katılımcıların profil özellikleri ve bazı önermeler arasındaki ilişkiler

Cinsiyete ve bazı önermeler arasındaki istatistiksel ilişkiler Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelgede yer verilen tüm önermelerle cinsiyet arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişkinin nedeni; "Geçmişten günümüze bir değerlendirme yapıldığında orman işletmelerindeki pazarlama anlayışı iyi yönde bir gelişme göstermiştir" "Orman işletmelerinde pazarlamaya dönük herhangi bir etkinliğe gerek yoktur. İşletmeler zaten rakipsiz olduğu için ne üretirse üretilsin satılır" ve "Orman ürünlerinin satışında orman işletmelerinin alıcılara kredi kartı vb. seçeneklerle ödeme kolaylığı sağlaması güzel bir uygulamadır" önermelerine erkeklerin, "Orman işletmeleri tarafından kullanılmakta olan tahsisli satışlar mutlaka gereklidir ve uygulanmaya devam edilmelidir", "Orman işletmelerinin sertifikasyon sürecinde harcadıkları paraların orman işletmelerine mutlaka geri dönüşü olacağına inanıyorum" ve "Gelecekte sertifikalı ürünlere olan ilgi artacağı için bütün işletmelerin sertifikasyon sürecine (örneğin FSC) dâhil olması ve sertifika alması gerektiğini düşünüyorum" önermelerine ise kadınların daha fazla katılım göstermesidir.

Eğitim durumu ile istatistiksel olarak anlamlı ilişkisi olan bazı önermeler Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 6. Dağıtım ile ilgili önermelere verilen cevaplar

Önermeler	Katılım durumu*					Ort.
	5	4	3	2	1	
Ülkemizde depodan yapılan satışlarda önemli sorunlarla karşılaşılacaktır.	% 14.6 (60)	% 26.1 (107)	% 26.1 (107)	% 26.3 (108)	% 6.8 (28)	3.2
Orman işletmelerinin odun depolama ve satışı ile ilgili önemli sorunları bulunmaktadır.	% 18.5 (76)	% 35.6 (146)	% 24.2 (99)	% 16.8 (69)	% 4.9 (20)	3.5
Merkezi depo uygulamaları gerekli ve yararlıdır.	% 29.8 (122)	% 43.7 (179)	% 18.5 (76)	% 5.1 (21)	% 2.9 (12)	3.9

*(5) Kesinlikle Katılıyorum (4) Katılıyorum (3) Kararsızım (2) Katılmıyorum (1) Kesinlikle Katılmıyorum

Çizelge 7. Cinsiyete göre farklılık gösteren önermelerin ki-kare testi bulguları

Önermeler	χ^2	sd	P*
Geçmişten günümüze bir değerlendirme yapıldığında orman işletmelerindeki pazarlama anlayışı iyi yönde bir gelişme göstermiştir.	11.024	4	0.026*
Orman işletmelerinde pazarlamaya dönük herhangi bir etkinliğe gerek yoktur. İşletmeler zaten rakipsiz olduğu için ne üretirse üretilsin satılır.	10.084	4	0.039*
Orman işletmeleri tarafından kullanılmakta olan tahsisli satışlar mutlaka gereklidir ve uygulanmaya devam edilmelidir.	12.276	4	0.015*
Orman ürünlerinin satışında orman işletmelerinin alıcılara kredi kartı vb. seçeneklerle ödeme kolaylığı sağlaması güzel bir uygulamadır.	12.301	4	0.015*
Orman işletmelerinin Sertifikasyon sürecinde harcadıkları paraların orman işletmelerine mutlaka geri dönüşü olacağına inanıyorum.	9.836	4	0.043*
Gelecekte sertifikalı ürünlere olan ilgi artacağı için bütün işletmelerin sertifikasyon sürecine (örneğin FSC) dâhil olması ve sertifika alması gerektiğini düşünüyorum.	11.942	4	0.018*

X²: Kikare değeri, sd: Serbestlik derecesi, *: P<0.05

Çizelge 8. Eğitim durumuna göre farklılık gösteren önermelere ilişkin ki-kare testi bulguları

Önermeler	χ^2	sd	P*
Orman işletmeleri her ne pahasına olursa olsun satışları arttırmak değil de müşteriye kaliteli ve uygun fiyatlı ürünlerle tatmin etmenin yollarını aramalıdır. Bu sayede satışlar zaten kendiliğinden artacaktır.	19.754	8	0.011*
Orman işletmeleri kaliteli mal üretmektedir.	21.911	8	0.005*
Orman işletmelerinde kullanılmakta olan yükseltmekle ilgili olarak satışlar (ihaleli satışlar) mutlaka gereklidir ve uygulanmaya devam edilmelidir.	20.949	8	0.007*
Orman işletmeleri tarafından kullanılmakta olan pazarlıklı satışlar mutlaka gereklidir ve uygulaması devam etmelidir.	17.950	8	0.022*
Merkezi depo uygulamaları gerekli ve yararlıdır.	19.953	8	0.011*

χ^2 : Kikare değeri, sd: Serbestlik derecesi, *: $P < 0.05$

Eğitim durumu ile önermeler arasındaki istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmasının nedeni eğitim durumunun artmasına bağlı olarak önermelere katılım yüzdesinin azalması, kararsızların ise artmasıdır.

Görev süresine ile ilişkisi bulunan önermeler ise Çizelge 9'daki gibidir.

“Orman işletmelerinin mevcut pazarlama anlayışından, kullandığı yol ve yöntemlerden memnunum”, “Geçmişten günümüze bir değerlendirme yapıldığında orman işletmelerindeki pazarlama anlayışı iyi yönde bir gelişme göstermiştir” “Orman işletmeleri odun dışı orman ürünleri için iyi bir fiyatlama yöntemine sahiptir” “Orman işletmeleri geçmiş yıllarda odunun dışındaki mal ve hizmetleri yeterince önemsememiştir”, “Orman işletmeleri odunun dışındaki mal ve hizmetlere hala yeterince önem vermemektedir” ve “Orman ürünlerinin satışında orman işletmelerinin alıcılara kredi kartı vb. seçeneklerle ödeme kolaylığı sağlaması güzel bir uygulamadır” önermeleri görev süresine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedirler ($P < 0.05$). Farklılığın nedeni; görev süresi 16-20 yıl olanların diğer gruplara göre önermelere katılımının düşük olmasıdır.

“Pazarlama sosyal boyutu da olan bir kavramdır. İşletmeler mal satmak kadar çevreye de duyarlı olmak zorundadır” ve “Orman işletmeleri mutlaka ürettikleri mal ve hizmetlerin tanıtımına yönelik çalışmalar yapmalıdır” önermeleri görev süresine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedirler ($P < 0.05$). Görev süresi 16-20 yıl aralığında olanların tamamı (%100) önermelere katılarak diğer gruplara göre farklılık oluşturmuşlardır.

“Orman işletmelerinin asli görevi odun üretimidir” ve “Ülkemizde depodan yapılan satışlarda önemli sorunlarla karşılaşmaktadır” önermesi görev süresine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir ($P < 0.05$). Farklılığın nedeni; görev süresi 1-5 yıl olanların diğer gruplara göre kararsızlığının yüksek olmasıdır.

“Orman işletmeleri kaliteli mal üretmektedir”, “Orman işletmeleri kaliteli hizmet (örneğin rekreasyon, vb.) üretmektedir”, “Orman işletmelerinin (Odun kökenli ürünler bakımından) müşterilerine sunduğu ürün çeşitliliği yeterlidir”, “Orman işletmelerinin (Odun dışı orman ürünleri bakımından) müşterilerine sunduğu ürün çeşitliliği yeterlidir”, “Orman işletmelerinin (hizmetler bakımından) müşterilerine sunduğu ürün çeşitliliği yeterlidir” ve “Orman işletmelerinin odun depolama ve satışı ile ilgili önemli sorunları bulunmaktadır” önermeleri görev süresine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedirler

($P < 0.05$). Farklılığın nedeni; görev süresi 21 yıl ve üzeri olanların diğer gruplara göre önermelere katılımının düşük olmasıdır.

“Orman işletmeleri tarafından kullanılmakta olan pazarlıklı satışlar mutlaka gereklidir ve uygulaması devam etmelidir”, “Orman işletmeleri tarafından kullanılmakta olan tahsisli satışlar mutlaka gereklidir ve uygulanmaya devam edilmelidir” ve “Orman ve ormancılık faaliyetleri hakkında yapılan tanıtım, halkla ilişkiler, vb. çalışmalar yeterlidir” önermeleri görev süresine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedirler ($P < 0.05$). Farklılığın nedeni; görev süresi 11-15 yıl olanların diğer gruplara göre önermelere katılımının düşük olmasıdır.

“Dikili satış uygulamalarında hala önemli sorunlarla karşılaşmaktadır” önermesi görev süresine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir ($P < 0.05$). Farklılık görev süresi arttıkça önermeye katılımın artmasından kaynaklanmaktadır.

“21 Mart'ta yapılan fidan dağıtımları, ağaçlandırmalar, kutlamalar, vb. çabaların toplumda doğa ve ağaç sevgisi arttırmaya ve ormancılığı tanıtmaya önemli katkısı bulunmaktadır” önermesi görev süresine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir ($P < 0.05$). Farklılık görev süresi arttıkça önermeye katılmama yüzdesinin artmasından kaynaklanmaktadır.

“Orman ürünlerinin sertifikalandırılmasını olumlu buluyorum” ve “Sertifika almış olan orman işletmelerinin ürettiği ürünlerin daha çok tercih edildiğini/edileceğini düşünüyorum” önermeleri görev süresine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedirler ($P < 0.05$). Farklılık görev süresi arttıkça önermelere katılımın azalmasından kaynaklanmaktadır. Sertifikasyon orman işletmelerinde yeni bir uygulamadır. Görece görev yılı yüksek olanların sertifikasyon uygulamalarına daha temkinli yaklaşımları olağan bir durum olarak değerlendirilebilir.

3.8. Orman mühendisleri ve müşterilerin bazı hususlara yönelik görüşlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılmasına yönelik bulgular

Orman mühendislerine uygulanan anketten seçilmiş olan 14 önerme IOBM'ye bağlı orman işletmelerinden mal satın alan firma temsilcilerine de uygulanmış ve Mann-Whitney U testiyle değerlendirilmiştir (Çizelge 10). Buna göre 10 önerme istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir.

Çizelge 9. Görev süresine göre farklılık gösteren önermelere ilişkin ki-kare testi bulguları

Önermeler	χ^2	sd	P*
Orman işletmelerinin mevcut pazarlama anlayışından, kullandığı yol ve yöntemlerden memnunum.	27.269	16	0.039*
Geçmişten günümüze bir değerlendirme yapıldığında orman işletmelerindeki pazarlama anlayışı iyi yönde bir gelişme göstermiştir.	41.407	16	0.000*
Pazarlama sosyal boyutu da olan bir kavramdır. İşletmeler mal satmak kadar çevreye de duyarlı olmak zorundadır.	31.697	16	0.011*
Orman işletmelerinin asli görevi odun üretimidir.	36.464	16	0.002*
Orman işletmeleri geçmiş yıllarda odunun dışındaki mal ve hizmetleri yeterince önemsememiştir.	33.687	16	0.006*
Orman işletmeleri odunun dışındaki mal ve hizmetlere hala yeterince önem vermemektedir.	28.836	16	0.025*
Orman işletmeleri kaliteli mal üretmektedir.	33.386	16	0.007*
Orman işletmeleri kaliteli hizmet (örneğin rekreasyon, vb.) üretmektedir.	45.699	16	0.000*
Orman işletmelerinin (Odun kökenli ürünler bakımından) müşterilerine sunduğu ürün çeşitliliği yeterlidir.	27.412	16	0.037*
Orman işletmelerinin (Odun dışı orman ürünleri bakımından) müşterilerine sunduğu ürün çeşitliliği yeterlidir.	34.905	16	0.004*
Orman işletmelerinin (hizmetler bakımından) müşterilerine sunduğu ürün çeşitliliği yeterlidir.	37.306	16	0.002*
Orman işletmeleri odun dışı orman ürünleri için iyi bir fiyatlama yöntemine sahiptir.	37.315	16	0.002*
Orman işletmeleri tarafından kullanılmakta olan pazarlıklı satışlar mutlaka gereklidir ve uygulaması devam etmelidir.	32.664	16	0.008*
Orman işletmeleri tarafından kullanılmakta olan tahsisli satışlar mutlaka gereklidir ve uygulanmaya devam edilmelidir.	33.577	16	0.006*
Orman ürünlerinin satışında orman işletmelerinin alıcılara kredi kartı vb. seçeneklerle ödeme kolaylığı sağlaması güzel bir uygulamadır.	28.766	16	0.026*
Dikili satış uygulamalarında hala önemli sorunlarla karşılaşmaktadır.	27.160	16	0.040*
Ülkemizde depodan yapılan satışlarda önemli sorunlarla karşılaşmaktadır.	41.845	16	0.000*
Orman ve ormancılık faaliyetleri hakkında yapılan tanıtım, halkla ilişkiler, vb. çalışmalar yeterlidir.	30.496	16	0.016*
Orman işletmeleri mutlaka ürettikleri mal ve hizmetlerin tanıtımına yönelik çalışmalar yapmalıdır.	33.128	16	0.007*
21 Mart'ta yapılan fidan dağıtımları, ağaçlandırmalar, kutlamalar, vb. çabaların toplamda doğa ve ağaç sevgisi arttırmaya ve ormancılığı tanıtmaya önemli katkısı bulunmaktadır.	31.526	16	0.012*
Orman ürünlerinin sertifikalandırılmasını olumlu buluyorum.	37.169	16	0.002*
Sertifika almış olan orman işletmelerinin ürettiği ürünlerin daha çok tercih edildiğini/edileceğini düşünüyorum.	26.374	16	0.049*
Orman işletmelerinin odun depolama ve satışı ile ilgili önemli sorunları bulunmaktadır.	33.714	16	0.006*

χ^2 : Kikare değeri, sd: Serbestlik derecesi, *: $P < 0.05$

Çizelge 10. Orman mühendisleri ve müşteriler arasında istatistiksel olarak farklılık gösteren önermeler

Önermeler	Mann_U	Z	P	Orman mühendisleri ortalaması	Firma ortalaması
Orman işletmeleri devamlı kendisinden mal alan sadık müşterilerine daha fazla önem ve öncelik vermeli bazı ayrıcalıklar tanımalıdır.	6255.000	-6.146	0.000*	3,1561	4,2373
Orman işletmelerinin mevcut pazarlama anlayışından, kullandığı yol ve yöntemlerden memnunum.	9699.000	-2.556	0.011*	3,3634	3,6780
Küresel pazarlama anlayışı orman işletmelerini de etkilemiştir. Artık orman işletmelerinin dünyanın her yerinden rakipleri bulunmaktadır.	7643.000	-4.797	0.000*	3,9951	2,9661
Orman işletmelerinde kullanılmakta olan yükseltmek teklif verme yoluyla satışlar (ihaleli satışlar) mutlaka gereklidir ve uygulanmaya devam edilmelidir.	6263.000	-6.529	0.000*	4,1488	4,7966
Orman işletmeleri tarafından kullanılmakta olan pazarlıklı satışlar mutlaka gereklidir ve uygulaması devam etmelidir.	4127.500	-8.562	0.000*	3,6951	4,7966
Orman ürünlerinin satışında orman işletmelerinin alıcılara kredi kartı vb. seçeneklerle ödeme kolaylığı sağlaması güzel bir uygulamadır.	7131.000	-5.739	0.000*	4,3244	4,7966
Dikili satış uygulamalarında hala önemli sorunlarla karşılaşmaktadır.	9884.000	-2.414	0.016*	3,9878	4,1017
Orman ürünlerinin sertifikalandırılmasını olumlu buluyorum.	2773.500	-10.255	0.000*	4,2805	1,7797
Sertifika almış olan orman işletmelerinin ürettiği ürünlerin daha çok tercih edildiğini/edileceğini düşünüyorum.	2253.000	-10.578	0.000*	4,0537	1,6271
Gelecekte sertifikalı ürünlere olan ilgi artacağı için bütün işletmelerin sertifikasyon sürecine (örneğin FSC) dâhil olması ve sertifika alması gerektiğini düşünüyorum.	2438.500	-10.382	0.000*	4,0439	1,6780

*: $P < 0.05$

“Orman işletmeleri devamlı kendisinden mal alan sadık müşterilerine daha fazla önem ve öncelik vermeli bazı ayrıcalıklar tanımalıdır”, “Orman işletmelerinin mevcut pazarlama anlayışından, kullandığı yol ve yöntemlerden memnunum”, “Orman işletmelerinde kullanılmakta olan yükseltmek teklif verme yoluyla satışlar (ihaleli satışlar) mutlaka gereklidir ve uygulanmaya devam edilmelidir”, “Orman işletmeleri tarafından kullanılmakta olan pazarlıklı satışlar mutlaka gereklidir ve uygulaması devam etmelidir”,

“Orman ürünlerinin satışında orman işletmelerinin alıcılara kredi kartı vb. seçeneklerle ödeme kolaylığı sağlaması güzel bir uygulamadır” ve “Dikili satış uygulamalarında hala önemli sorunlarla karşılaşmaktadır” önermeleri istatistiksel açıdan farklılık göstermektedir. Farklılık; firmaların orman mühendislerine göre önermelere yüksek oranlarda katılmalarından kaynaklanmaktadır.

“Küresel pazarlama anlayışı orman işletmelerini de etkilemiştir. Artık orman işletmelerinin dünyanın her

yerinden rakipleri bulunmaktadır”, “Orman ürünlerinin sertifikalandırılmasını olumlu buluyorum”, “Sertifika almış olan orman işletmelerinin üretmiş olduğu ürünlerin daha çok tercih edildiğini/edileceğini düşünüyorum” ve “Gelecekte sertifikalı ürünlere olan ilgi artacağı için bütün işletmelerin sertifikasyon sürecine (örneğin FSC) dâhil olması ve sertifika alması gerektiğini düşünüyorum” önermeleri istatistiksel açıdan farklılık göstermektedir. Orman mühendisleri sırasıyla (Ort. 4.00, Ort. 4.28, Ort.4.05, Ort. 4.04) oranlarda önermelere katılırken, firmalar ise sırasıyla (Ort. 2.97, Ort. 1.78, Ort. 1.63, Ort. 1.68) oranlarda önermelere katılmayarak farklılık oluşturmuşlardır.

4. Tartışma ve sonuç

Orman işletmelerinin yakın zamana kadar pazarlamanın gelişim evrelerinden ilki olan ve işletmelerde pazarlamaya yönelik hiçbir birimin olmadığı dolayısıyla da hiçbir etkinliğin yürütülmediği üretime yönelik pazarlama anlayışının etkilerinden kurtulamadığı bilinmektedir (İlter ve Ok 2004; Ayyıldız ve Toksoy, 2006; Kök, 2010). Pazarlama çalışmalarına gerek görülmemesinin en önemli nedenlerinden birisi ise orman ürünleri üretiminde orman işletmelerinin tekel olması ve buna bağlı olarak da orman mühendislerinin pazarlama etkinliklerine ihtiyaç duymamasıdır. Günümüzde ise bu anlayış yavaş yavaş da olsa değişim göstermektedir. Zira, araştırmada yer verilen pazarlamanın birinci (üretim) ve ikinci (satış) gelişim evrelerinin ana mottolarının sunulduğu önermeler orman mühendislerince desteklenmezken; üçüncü evre olan modern pazarlama evresine yönelik mottoların ise kuvvetli bir şekilde desteklendiği görülmektedir. Bu da pazarlamanın sadece üretmekten ibaret olmadığını, üretim öncesi ve sonrasını kapsayan geniş kapsamlı bir kavram olduğunu ve “ne üretirsem satılır” anlayışından, “tüketiciyi tatmin ederek kar sağlamanın” orman işletmelerinde de benimsenmeye başladığını göstermektedir. Kısaca orman işletmelerinde üretime yönelik pazarlama anlayışının etkisini yitirmeye başladığı, müşteri istek ve taleplerine dikkate alan ve müşteri memnuniyetine önem veren modern pazarlama anlayışının benimsendiğini ve buna yönelik çalışmalar yapıldığını göstermektedir. Benzer görüşler müşteriler arasında da yaygınlaşmaya başlamıştır. Öte yandan, pazarlamanın dördüncü gelişim evresi olan sosyal pazarlamanın orman ürünleri pazarındaki en önemli karşılığının sertifikasyon çalışmaları olduğu söylenebilir. Orman yönetiminin sürdürülebilirlik düzeyinin bağımsız kuruluşlarca ekonomik, ekolojik ve sosyal standartlara göre denetlenme süreci olan sertifikasyon; ormanların sürdürülebilir şekilde yönetilmesini garanti altına almak amacıyla geliştirilmiştir. Sertifikasyon tüketicilere ürünlerin sürdürülebilir şekilde işletilen orman kaynağından geldiğini göstermektedir (Şener vd., 2011). Sertifikasyon konusunda orman mühendislerine sorulan “Orman ürünlerinin sertifikalandırılmasını olumlu buluyorum”, “Sertifika almış olan orman işletmelerinin üretmiş olduğu ürünlerin daha çok tercih edildiğini/edileceğini düşünüyorum” ve “Gelecekte sertifikalı ürünlere olan ilgi artacağı için bütün işletmelerin sertifikasyon sürecine (örneğin FSC) dâhil olması ve sertifika alması gerektiğini düşünüyorum” önermeleri için orman mühendisleri ve müşteri görüşleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar söz konusudur. Bu farklılığın nedeni; orman mühendislerinin önermelere katılımlarının yüksek (sırasıyla Ort. 4.28, Ort.4.05, Ort. 4.04), müşterilerin ise

düşük (sırasıyla Ort. 1.78, Ort. 1.63, Ort. 1.68) olmasıdır. Müşterilerin önermelere daha az katılmasının nedeni temsil ettikleri firmaların yurt dışından ziyade iç piyasaya hitap etmeleri, iç piyasa da ise henüz sertifikalı ürün ile sertifikasız ürün arasında fiyat, vb. farklılıklar söz konusu olmamasıdır. Bu nedenle müşterilerin sertifikasyon konusundaki bilgi düzeyleri de düşük kalmaktadır. Yılmaz vd. (2021) tarafından Batı Akdeniz bölgesi için yapılan çalışmada da orman ürünleri sanayinde orman sertifikasyonuna yönelik farkındalık ve anlayışında genel bir eksiklik olduğu görülmektedir. Tolunay ve Türkoğlu (2014) tarafından Türkiye’de ithalat ve ihracat yapan firmalarla yapılan çalışmada ise firmaların çoğunluğu orman ürünlerinin sertifikalandırılmasının gerekli olduğunu belirtmiştir. Pazarlamanın beşinci ve son evresi ise küresel pazarlamadır. Katılımcılara sunulan “Küresel pazarlama anlayışı orman işletmelerini de etkilemiştir. Artık orman işletmelerinin dünyanın her yerinden rakipleri bulunmaktadır” önermesine orman mühendisler ile müşterilerin katılım durumları istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir. Zira, orman mühendisleri önermeye kuvvetli bir şekilde katılırken (Ort. 4.00); müşterilerin katılımı düşük (Ort. 2.97) olmuştur. Müşterilerin önermeyi desteklememesinin başlıca nedeni pandemi süreci, Rusya-Ukrayna savaşı ve son yıllarda ardı ardına yaşanan büyük orman yangınları nedeniyle ortaya çıkan dış ticaret sorunları olabilir.

Pazarlama anlayışında ortaya çıkan farklılıklara bağlı olarak orman işletmelerinde pazarlama karmasına (mal, fiyat, tutundurma ve dağıtım) yönelik de değişiklikler söz konusu olmuştur.

OGM 2011 yılına kadar odun hammaddesini asli ürün, odunun dışındakilerin tamamını ise tali ürün olarak değerlendirmiştir. 2011 yılında Odun Dışı Orman Ürünleri (ODOÜ) Dairesi Başkanlığı kurulmasıyla birlikte ODOÜ önemsenmeye başlamış ve defne, salep, sakız, reçine, mavi yemiş, vb. bazı türlere ait eylem planları hazırlanmıştır (OGM, 2020). Konuyla ilgili yapılan bir çalışmada eylem planlarının kurum çalışanları tarafından bilinmesine rağmen, planların uygulamadaki etkinlik düzeylerinin ise yetersiz olduğundan bahsedilmiştir (Tolunay vd., 2017). Araştırmaya katılan orman mühendisleri orman işletmelerinin asli görevinin sadece odun üretimi olmadığını, geçmişte odunun dışındaki mal ve hizmetlere yeterince önem verilmediğini, aynı şekilde odunun dışındaki mal ve hizmetlere hala yeterince önem verilmediği ve odun dışı orman ürünleri bakımından ürün çeşitliliğinin yeterli olmadığını belirtmişlerdir.

Araştırma kapsamında orman ürünlerinin fiyatlandırılmasına yönelik sunulan önermelerin tamamının ortalaması 3’ün üzerindedir. Dolayısıyla ağırlıkları farklı olmakla birlikte genel itibarıyla önermelere katılım söz konusudur. Orman mühendislerinin %59.1’i odun kökenli ürünler, %57.6’sı topluma sunulan hizmetler ve %42.2’si de odun dışı orman ürünleri bakımından orman işletmelerinin iyi bir fiyatlandırma yöntemine sahip olduğunu düşünmektedir.

“Orman işletmelerinde kullanılmakta olan yükseltmekle ilgili verim yoluyla satışlar (ihaleli satışlar) mutlaka gereklidir ve uygulanmaya devam edilmelidir” ve “Orman işletmeleri tarafından kullanılmakta olan pazarlıklı satışlar mutlaka gereklidir ve uygulaması devam etmelidir” önermeleri istatistiksel açıdan farklılık göstermektedir. Farklılık; firmaların, orman mühendislerine göre bu önermelere daha yüksek oranda katılmalarından kaynaklanmaktadır. Firmalarla yapılan mülakatlarda da

küçük işletmeler ürün ihtiyacının büyük bir kısmını ihaleli satışlar ve pazarlıklı satışlardan karşıladığı için devam etmesi gerektiğini dile getirmişlerdir. Bazı küçük işletmeler dikili satış vb. sebeplerle depodan ihaleli satışların eskisine oranla azaldığını ve buna bağlı olarak firmalar ihtiyaçlarını diğer tüccarlardan piyasa fiyatının üzerinde mal alarak gidermek zorunda kaldıklarını belirtmişlerdir. Bunun da kendileri için ekonomik olmadığını ve zor durumda kaldıklarını belirtmişlerdir.

“Dikili satış uygulamalarında hala önemli sorunlarla karşılaşmaktadır” önermesi istatistiksel açıdan farklılık göstermektedir. Farklılık; firmaların (Ort. 4.10) orman mühendislerine (Ort. 3.99) göre bu önermeye daha yüksek oranda katılmalarından kaynaklanmaktadır. Sonuca göre firmaların orman mühendislerine göre katılım oranının biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda da görüldüğü üzere modern pazarlama anlayışının gereği olarak ortaya çıkan dikili satışların toplam satış miktarındaki oranı artsa da verim yüzdelerinin tutmaması, personel yetersizliği, usulsüz kesimler vb. birtakım sorunlarla, karşılaşmaktadır. Benzer sorunlara birçok yazar (Karakaya, 2006; Enez ve Arıçak, 2008; Gültekin ve Çar, 2008; Sarcan, 2011; Özler, 2013; Kabasakal, 2014; Alkan ve Demir, 2015; Demir, 2015; Tolunay ve Kabasakal, 2019) çalışmalarında yer vermiştir.

Orman ürünlerinin satışında orman işletmelerin alıcılara kredi kartı vb. seçeneklerle ödeme kolaylığı sağlaması güzel bir uygulamadır” önermesi istatistiksel açıdan farklılık göstermektedir. Farklılık; firmaların (Ort. 4.80) orman mühendislerine (Ort. 4.32) göre bu önermeye daha yüksek oranda katılmalarından kaynaklanmaktadır. Görüldüğü üzere önerme her iki grup tarafından da desteklenmektedir. Daha önceleri sadece bölge müdürlüklerinde bulunan POS (Pratik Ödeme Sistemi) cihazları yapılan çalışmaların ve müşteri taleplerinin de etkisiyle günümüzde her işletme müdürlüğünde bulunması, orman işletmelerinin müşterilerinin istek ve taleplerini dikkate aldığına göstergesidir. Bu tarz uygulamaların daha da geliştirilerek yaygınlaştırılması sağlanmalıdır.

“Orman işletmeleri devamlı kendisinden mal alan sadık müşterilerine daha fazla önem ve öncelik vermeli bazı ayrıcalıklar tanımalıdır” önermesi istatistiksel açıdan farklılık göstermektedir. Farklılık; firmaların (Ort. 4.24) orman mühendislerine (Ort. 3.16) göre bu önermeye daha yüksek oranda katılmalarından kaynaklanmaktadır. Firmaların diğer gruba göre işletmelerle parasal anlamda daha fazla ilişki kurmasının bu durumda etkili olduğu düşünülmektedir.

Katılımcıların %51.2’si ormancılıkla ilgili yapılan tanıtım, halkla ilişkiler vb. çalışmaları yetersiz bulurken, %87.6’sı ise orman işletmelerinin ürettiği mal ve hizmetlerin tanıtımına yönelik çalışmalar yapılması gerektiğini düşünmektedir. Reklam, halkla ilişkiler, kişisel satış ve satış geliştirme gibi maddeler tutundurma çalışmaları içerisinde yer almaktadır (Yükselen, 2007). Günümüzde her ne kadar tutundurma çalışmalarına önem verilse de henüz istenen düzeye ulaşmadığı görülmektedir. Nitekim OGM’nin kamuoyunda bilinirliğini ölçmek amacıyla yapılan Ormancılık Algı Araştırmasında da orman yangınlarının “itfaiye” tarafından söndürüldüğü, ağaçlandırma çalışmalarının ise “TEMA” tarafından yapıldığı yanıtlarının OGM oranlarına göre yüksek olması bu durumu desteklemektedir (OGM, 2015b). Ormancılık teşkilatımız, yangın söndürme konusunda büyük yatırımlar yapmasına ve yangına müdahale süresi bakımından dünyada lider

konumunda olmasına rağmen yaz aylarında meydana gelen ve basına yansıyan büyük yangınlarda birçok kurum, kuruluş ve kişiler tarafından ciddi eleştirilere maruz kalmaktadır. Benzer şekilde orman yangınlarına müdahalede kullanılan karşı ateş tekniğinin halk tarafından bilinmemesi ya da yanlış algılanması nedeniyle meslektaşlarımıza fiziki şiddet uygulama ve sosyal medyadan linç girişiminde bulunma gibi meslektaşlarımıza ve ormancılık camiasına zarar veren davranışlar ekranlara yansımaktadır. Ülkemiz orman varlığını artıran dünyanın sayılı ülkeleri arasında yer almaktadır. Bu başarıda ormancılık teşkilatımızın son yıllardaki özverili çalışmalarının büyük katkısı olmasına rağmen basına yansıyan olumsuz haberler nedeniyle toplum tarafından bilinmemekte ve eleştirilere maruz kalmaktadır. Bütün bu örneklerde de görüldüğü üzere ormancılık çalışmalarının toplum tarafından bilinmesi ormancılık teşkilatının bilinirliği açısından önem arz etmektedir. Kayacan vd. (2020), tarafından yapılan Isparta Orman Bölge Müdürlüğü ölçeğinde ormancılık çalışmalarını kamuoyuna duyuracak etkili kitle iletişim araçlarına yönelik mevcut durum analizi çalışması da bunu desteklemektedir.

Ormancılık teşkilatı kendisini ve yaptığı çalışmaları topluma daha iyi duyurabilmek, genç yaşlı demeden toplumda ağaç ve orman sevgisi oluşturmak için reklam, halkla ilişkiler, sosyal medya vb. araçları daha etkin bir şekilde kullanmalıdır. 11.11.2019 tarihinde düzenlenen “Geleceğe Nefes” kampanyası dâhilinde Türkiye’nin her yerine 11 milyon fidan dikim etkinliği gerçekleştirilmiştir. Bazı kişi ve kurumlar tarafından dikim tarihi açısından eleştirilse de genç yaşlı birçok kişi bu etkinlik sayesinde ormancılık teşkilatı hakkında bilgi sahibi olmuştur. Tutundurma açısından değerlendirdiğimizde başarılı bir çalışmadır. Aynı zamanda 2019 yılı içerisinde OGM tarafından ilan edilen 5000 adet personel alımı da basında ve sosyal medyada sık sık gündeme geldiği için mesleğimizin ve ormancılık teşkilatının tanınmasına olumlu katkı sağlamıştır. Ayrıca bu çalışmaların daha da başarılı olmasını sağlamak için orman işletmelerinin pazarlama bölümünde çalışan personellerin orman mühendisliği eğitiminin yanında pazarlama eğitimi almış kişilerden seçilmesinin büyük katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Katılımcıların 54.1’i orman işletmelerinin odun depolama ve satışı ile ilgili önemli sorunları olduğunu düşünmektedir. Alkan vd. (2010b) tarafından yapılan çalışmada depolarda yaşanan (ulaşım, yükleme, fiyat vb.) sorunları gidermek amacıyla merkezi depo uygulamasına geçilmesinin faydalı olacağı belirtilmiştir. Nitekim katılımcıların %73.5’i merkezi depo uygulamalarını gerekli ve yararlı olarak değerlendirmesi bunu desteklemektedir.

Açıklama

Bu makale, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanan “Devlet Orman İşletmelerinde Pazarlama Fonksiyonunun Yapısı ve Müşteri Memnuniyetinin Belirlenmesi” isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Alkan, H., 2001. İşletme başarısında maliyet yönetiminin rolü ve maliyet yönetiminde yeni yaklaşımlar (Ormancılık açısından bir değerlendirme). *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 2(1): 177-192.
- Alkan, H., 2007. Devlet Orman Fidanlık İşletmelerinde Maliyet Yönetimi ve Pazarlama. Fidan Standardizasyonu, Standart Fidan Yetiştiriminin Biyolojik ve Teknik Esasları (Ed: Yahyaoğlu, Z. ve Genç M.), Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 75, Isparta, s: 493-548.
- Alkan, H., Korkmaz, M., McGill D., Eker, M., 2010a. Conflicts in benefits from sustainable natural resources management two diverse examples from Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 31: 87-96.
- Alkan, H., Korkmaz, M., Eker, M., 2010b. Sürdürülebilir orman yönetiminde yaşanan gelişmeler, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri: Isparta Orman Bölge Müdürlüğü örneği. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20 Mayıs, Artvin, Türkiye, s. 56-65.
- Alkan H., Korkmaz, M., Eker, M., 2014. Stakeholders perspectives on utilization of logging residues for bioenergy in Turkey. *Crotian Journal of Forest Engineering*, 35: 153-165.
- Alkan, H., Demir, E., 2015. Dikili satış uygulamalarına yönelik sosyo-ekonomik çözümler. IV. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 15-17 Ekim, Trabzon, s. 261-272.
- Alkan H., Eker, M., Korkmaz, M., 2017. Social assessment of the availability of logging residues in Turkish Pine Forests. 50th International Symposium on Forestry Mechanization, 25-29 September, Brasov (Romania), Proceedings, p.10.
- Alkan, H., Araç, İ., 2022. Orman ürünlerinin satışında elektronik satışların kullanılmasına ilişkin orman işletmesi çalışanlarının görüşleri. *Turkish Journal of Forestry*, 23(3): 243-254.
- Ayyıldız, H., Toksoy, D., 2006. Türkiye’de devlet orman işletmelerinde pazarlama anlayışını belirlemeye yönelik bir araştırma. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 6(2): 244-261.
- Büyüköztürk, Ş., 2002. Veri Analizi El Kitabı. Pegem A Yayıncılık, Ankara.
- Daşdemir, İ., 2003. Asli orman ürünlerinde fiyat analizi (Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü örneği). *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Yayınları*, 26(12): 119.
- Daşdemir, İ., 2008. Açık artırmalı kayın tomruk satış fiyatını etkileyen faktörler. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(14): 1-14.
- Daşdemir, İ., 2009. Orman Mühendisliği için maliye. *Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, 1(18): 141.
- Daşdemir, İ., 2011. Dikili ağaç satışlarının uygulaması üzerine değerlendirmeler. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(20): 71-79.
- Demir, E., 2015. Dikili satış uygulamalarına yönelik sosyo-ekonomik çözümler. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Enez, K., Arıca, B., 2008. Dikili satış sisteminin teknik ve çevresel açıdan irdelenmesi. VI. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi, 8-9 Mayıs, Düzce, s. 442-443.
- Gültekin, Y.S., Çar, E., 2008. Ormancılıkta dikili ağaç satış yönteminin uygulaması üzerine araştırmalar. VI Ulusal Orman Fakültesi Öğrencileri Kongresi, 8-9 Mayıs, Düzce, s. 351-356.
- İlter, E., Ok, K., 2004. Ormancılık ve Orman Endüstrisinde Pazarlama İlkeleri ve Yönetimi (Örnek Olaylarla). Ofset Matbaacılık, İstanbul.
- Kabasakal, E., 2014. Orman işletmelerinde odun hammaddesi satışlarının satış zamanı açısından karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kalaycı, Ş., 2006. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- Karakaya, A., 2006. Dikili ağaç satış yönteminin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kayacan, A., Alkan, S., Yılmaz, E., Bayır, Y., Alkan, U., 2020. Ormancılık çalışmalarını kamuoyuna duyuracak etkili kitle iletişim araçlarına yönelik mevcut durum analizi (Isparta OBM örneği). *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 7(2): 131-146.
- Korkmaz, M., Alkan, H., Özçelik, R., Yılmaztürk, A., 2010. Orman amenajman planlarının düzenlenmesinde sosyo-ekonomik durum envanterine yönelik iş tanımının geliştirilmesi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Isparta, s. 292-301.
- Kök, G., 2010. Orman işletmelerinin odun hammaddesine ilişkin müşteri profilinin ve talep yapısının belirlenmesi: Antalya Orman Bölge Müdürlüğü örneği. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- OGM, 2015a. Türkiye Orman Varlığı 2015. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/T%c3%bcrckiye%20Orman%20Varl%c4%b1%c4%9f%c4%b1-2016-2017.pdf>, Erişim: 13.08.2018.
- OGM, 2015b. Ormancılık Algı Araştırması. <https://www.ogm.gov.tr/Lists/Duyurular/Attachments/501/OGM%20ALGI%20ARA%C5%9ETIRMASI.pdf>, Erişim: 13.12.2019.
- OGM, 2019. Orman Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/FaaliyetRaporu/Orman%20Genel%20M%C3%BCd%C3%BCrl%C3%BC%C4%9F%C3%BC%202019%20Y%C4%B1%20Faaliyet%20Raporu.pdf>, Erişim: 03.03.2020.
- OGM, 2020. Yayınlar. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Forms/AllItems.aspx>, Erişim: 03.06.2020.
- Ok, K., 1997. Devlet orman işletmelerinin açık artırmalı satışlarının etkileşimi. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Dergisi*, 3: 39-62.
- Özdamar, K., 2013. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi. 9. Baskı, Nisan Kitabevi, Eskişehir.
- Özler, T., 2013. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü’nde dikili ağaç satışlarının değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Punch, K., 1998. Introduction to Social Research: Quantitative and Qualitative Approaches. Sage Publishing, London-Englan.
- Sarcan, S., 2011. Dikili ağaç satış yönteminin sanayi kuruluşları çerçevesinden değerlendirilmesi. *Orman Mühendisleri Odası Dergisi*, 48(7-8-9): 24-27.
- Şener, F.N., Tolunay, A., Görücü, Ö., 2011. Sürdürülebilir ormancılık uygulamalarında sertifikasyon ve akreditasyon Andırın ve Göksun Devlet Orman İşletme Müdürlükleri örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12: 115-125.
- Tolunay, A., Turkoglu, T., 2014. Perspectives and attitudes of forest products industry companies on the chain of custody certification: a case study from Turkey. *Sustainability*, 6(2): 857-871.
- Tolunay, A., Balci, Ö., Türkoğlu, T., 2017. Evaluation of opinions about strategic action plans related forestry and their efficiency in application. *Turkish Journal of Forestry*, 18(4): 295-301.
- Tolunay, A., Kabasakal, E., 2019. Orman işletmelerinde odun hammaddesi satışlarının satış zamanı açısından karşılaştırılması. I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi, 26-29 Ağustos, Pamukkale/Denizli, s.27-36.
- Türker, M.F., 1996. Açık Artırmalı Orman Ürünleri (Tomruk) Satışlarında Fiyat Oluşumunun Araştırılması (Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği). (Doktora Sonrası Temel Araştırma) (Basılmamıştır), 106 s, K.T.Ü. Araştırma Fonu, Trabzon
- Türker, M.F., 2000. Orman işletmeciliği ders notu. Trabzon, KTÜ Orman Fakültesi, Ders Notları Yayın No:59, Trabzon.
- Türker, M.F., 2008. Ormancılık İşletme Ekonomisi. Derya Kitabevi, Trabzon. Birinci Baskı, Derya Kitabevi, Trabzon. ISBN: 978-605-60295-0-9.
- Yılmaz, E., Alkan, S., Kayacan, A., Bayır, Y., Mavi, Z., 2021. Orman ürünleri sanayinin sertifikasyona yönelik görüşleri: Batı Akdeniz Bölgesi örneği. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 8(1): 54-68.
- Yükselen, C., 2007. Pazarlama İlkeler-Yönetim (Genişletilmiş ve Örnek Olaylar Eklenmiş). 6. Baskı, Detay Yayıncılık, Ankara.

Exploring the potential of nanotechnology for sustainable wood preservation

Doğu Ramazanoğlu^{a,b,*}, Ferhat Özdemir^c

Abstract: Wood preservation plays a vital role in maintaining wood products' structural and aesthetic properties. Traditional methods, including chemical treatments, preservatives, and coatings, have been utilized for wood protection, but sustainable alternatives are sought due to their negative environmental and health impacts. The utilization of nanomaterials presents a promising avenue for wood protection. In this study, nanoparticles were applied to lignocellulosic materials using the impregnation method to enhance solid wood's water and fire resistance without needing additional energy. This research aimed to identify a cost-effective and energy-efficient approach for large-scale wood production while introducing innovative and competitive materials in the wood industry. Surface modification and characterization analyses, including SEM-EDX and Optical Profilometer studies, TGA-DTA analysis for thermal strength assessment, % water uptake test for water resistance evaluation, and PCE-CSM 10 spectrophotometer measurements to determine color change parameters, were conducted. Functionalized wood surfaces treated with zinc oxide (ZnO), chitosan (Ch), and tin dioxide (SnO₂) nanoparticles exhibited water uptake values of 64%, 71%, and 73%, respectively. Following the salinization process using TEOS, the water uptake values decreased to 58%, 59%, and 60% for the respective surfaces. Based on the TGA and DTA results, the W-ZnO-TEOS sample demonstrated superior mass protection, with a significant weight loss of 62.1% (5.717 mg) at 340-375°C and 14.4% (1.328 mg) at 381-439°C. This was followed by the W-SnO₂-TEOS sample, which exhibited a weight loss of 46.3% (7.050 mg) at 301-353°C and 15.4% (2.345 mg) at 431-469°C. The W-Ch-TEOS sample displayed a weight loss of 66.4% (8.242 mg) at 342-365°C and 18.8% (2.335 mg) at 448-476°C. Overall, the W-SnO₂-TEOS sample demonstrated the highest water resistance, while the W-ZnO-TEOS sample exhibited the most effective fire protection capabilities.

Keywords: Nanoparticles, Nanotechnology, Sustainability, Water resistance, Wood Preservation

Sürdürülebilir ahşap koruma için nanoteknoloji potansiyelinin araştırılması

Özet: Ahşabın korunması, ahşap ürünlerin yapısal ve estetik özelliklerinin muhafaza edilmesinde büyük öneme sahiptir. Geleneksel yöntemler arasında kimyasal işlemler, koruyucular ve kaplamalar yer alsa da, çevresel ve sağlık açısından olumsuz etkileri nedeniyle sürdürülebilir alternatiflere ihtiyaç duyulmaktadır. Nanomalzemelerin kullanımı, ahşap koruması için yeni potansiyeller sunmaktadır. Bu çalışmada, lignoselülozik malzemelere empenye yöntemiyle nanopartiküller uygulanarak masif ahşabın su ve yangın direnci artırılmıştır ve bu işlem için ek enerji gereksizdir gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, büyük ölçekli üretim için daha maliyet-etkin ve enerji tasarruflu bir yaklaşım belirlemek ve ahşap endüstrisinde yeni ve rekabetçi malzemeler sunmaktır. Yüzey modifikasyonu ve karakterizasyon çalışmaları, SEM-EDX ve Optik Profilometre analizleri, termal mukavemet için TGA-DTA analizi, su direnci için % su alım testi ve renk değişim parametrelerini belirlemek için PCE-CSM 10 spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çinko oksit (ZnO), Kitosan (Ch) ve kalay dioksit (SnO₂) nanopartikülleri ile işlevselleştirilmiş ahşap yüzeyler, sırasıyla %64.0 %71.0 ve %73.0 su alma değerleri sergilemiştir. TEOS ile silanizasyon işlemi sonrasında ise su alma değerleri ilgili yüzeyler için %58.0 %59.0 ve %60.0 olarak belirlenmiştir. TGA ve DTA sonuçlarına göre, W-ZnO-TEOS numunesi en yüksek kütle korumasını göstermiş ve 340-375°C'de %62.1 (5.717 mg), 381-439°C'de ise %14.4 (1.328 mg) ağırlık kaybı yaşanmıştır. Bunu takiben, W-SnO₂-TEOS numunesi 301-353°C'de %46.3 (7,050 mg) ve 431-469°C'de %15.4 (2.345 mg) ağırlık kaybı sergilemiştir. W-Ch-TEOS numunesi ise 342-365°C'de %66.4 (8.242 mg) ve 448-476°C'de %18.8 (2.335 mg) ağırlık kaybı göstermiştir. Genel olarak, W-SnO₂-TEOS numunesi en yüksek su direncini sergilerken, W-ZnO-TEOS numunesi yangın koruması açısından en etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Nanopartiküller, Nanoteknoloji, Sürdürülebilirlik, Su direnci, Ahşap Koruma

1. Introduction

Wood, extensively utilized in various fields including furniture, construction, and paper manufacturing, faces challenges from insects, water, and fire, impacting its aesthetic and structural characteristics. Conventional protective approaches involving chemical treatments and coatings can have adverse consequences for the environment

and human health (Clausen et al., 2004). Consequently, the exploration of sustainable alternatives (Krishnan and Adhikari, 2014; Kim et al., 2018) becomes crucial to ensure the durability and eco-friendliness of wood-based products.

Utilizing nanotechnology presents a promising alternative for wood protection, where the application of nanoparticles and nanocomposites onto wooden surfaces (Fan et al., 2013; Fan et al., 2014) can enhance resistance

^a Fibrobeton Company R&D Center, Duzce, Türkiye

^b Düzce University, Engineering Faculty, Department of Civil Engineering, Duzce, Türkiye

^c Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industry Engineering, Kahramanmaraş, Türkiye

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): doguramazanoğlu@duzce.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 15.02.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 12.06.2023



Citation (Atf): Ramazanoğlu, D., Özdemir, F., 2023. Exploring the potential of nanotechnology for sustainable wood preservation. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 122-133. DOI: [10.18182/tjf.1251521](https://doi.org/10.18182/tjf.1251521)

against decay and various forms of damage, while simultaneously improving the mechanical properties of wood (Ojanen and Kärki, 2010; Krishnan and Adhikari, 2014; Kim et al., 2018).

Biopolymers, including chitin, chitosan, starch, gelatin, and zein, offer a promising alternative for wood coating formulations due to their commercial viability and protective effectiveness (Bulian and Graystone, 2009). A notable advantage of employing biopolymers in wood conservation and protection lies in their strong compatibility with polar adhesives. Additionally, these biopolymers exhibit enhanced biodegradability at the end of their lifecycle, and the inherently polar surface of wood exhibits favorable affinity towards protein-based or cellulose-derived biopolymers.

To overcome challenges related to the utilization of biopolymers in wood protection coatings, effective methods have been developed. These challenges include water insolubility, solubility in acid solutions, and the high viscosity of biopolymer solutions. One successful approach involves the use of ionic liquids as efficient solvent media for biopolymers, enabling improved preservation of wood surfaces and enhanced protection against UV radiation (Stasiewicz et al., 2008; Garcia et al., 2010; Croitoru et al., 2015; Patachia et al., 2012).

Chitosan, derived from crustacean shells, has shown promise as a wood preservative, either alone or as an additive in antifungal formulations, exhibiting efficacy against wood decay fungi and mold fungi (Laflamme et al., 2000; Alfredeen et al., 2004; Eikenes et al., 2005; Larnøy et al., 2005; El-Gamal et al., 2016). Studies have found that chitosan with high molecular weight demonstrates greater effectiveness against wood decay fungi, while its effectiveness against mold fungi can be enhanced by combining it with other polymers like polyethylene glycol (PEG) for improved physical and chemical stabilization on the wood surface (Eikenes et al., 2005; Reddy et al., 2012; Nowrouzi et al., 2016).

Utilizing lignin, a biopolymer extracted from wood, as a UV stabilizer in wood coating formulations presents an intriguing approach (Schaller and Rogez, 2007). The phenols released from lignin can be absorbed by treated wood surfaces, effectively acting as biocides against rot fungi (Chirkova et al., 2011). Lignin ester-based derivatives, obtained through reactions with lauroyl chloride, can serve as efficient hydrophobization agents in protective coatings for wood surfaces (Herrera et al., 2016). High-lignin-content bio-based polyurethane systems offer high-performance coatings with improved thermal stability, excellent film-forming ability, enhanced hydrophobization properties, and strong adhesion to wood surfaces (Griffini et al., 2015).

The application of ultrasonic waves induces a phenomenon known as the "sponge effect," resembling the squeezing and releasing motion of a sponge, enabling the rapid extraction of moisture from liquid-immersed materials (Ramazanoğlu and Özdemir, 2020a; 2020b; 2020c; Wan et al., 1992). This effect, coupled with the mechanical and physical impacts of ultrasound, contributes to enhanced diffusion effects (Floros and Liang, 1994). The formation of microscopic new channels within porous materials as a result of ultrasonic treatment reduces the diffusion boundary layer and promotes increased mass transfer (Tarleton, 1992; Tarleton and Wakeman, 1998; De La Fuente-Blanco et al., 2006).

Recent investigations have highlighted the significant reduction in drying time and overall acceleration of the process by employing ultrasonic baths as a pretreatment (Ramazanoğlu and Özdemir, 2020d; 2021; 2022; Duan et al., 2008; Aversa et al., 2011; Jangam, 2011; Mothibe et al., 2011). This effect is attributed to various factors, including heightened mass transfer rates (Garcia-Perez et al., 2009; Xu et al., 2009; Carcel et al., 2011; Garcia-Perez et al., 2011), improved water penetration (Bantle and Eikevik, 2011; He et al., 2012), increased wood-specific permeability coefficient (Tanaka et al., 2010), disruption of cellular adhesion, formation of wider cell gaps, rupture of cell walls, and creation of larger channels (He et al., 2012).

This study aims to increase the resistance of solid wood to water and fire by using the synergic effect of both positively charged biopolymer chitosan, ZnO, SnO₂ nanoparticles, and Tetraethyl orthosilicate (TEOS) on the wooden surface without requiring additional energy under room conditions. The goal is to provide a more realistic, cost-effective, energy-efficient, and low-labor approach that can increase the competitiveness of large-scale production and provide affordable and high-quality materials for consumers.

The findings demonstrate that incorporating nanoparticles in the impregnation process offers a partial enhancement in solid wood's resistance to water and fire at ambient conditions, without the need for additional energy. This approach holds promise as a cost-effective and sustainable solution for safeguarding wooden materials in large-scale applications. Moreover, the application of nanotechnology can improve wood's mechanical properties and prolong its lifespan, thereby increasing its appeal in the construction, furniture, and paper manufacturing sectors.

2. Materials and methods

2.1. Materials

In this study, wooden stirrers made of 100% Birchwood (originating from China) with a thickness of 1.00 mm, width of 5.00 mm, and length of 110 mm were purchased from a local market. Chitosan (Cas no: 9012-76-4), Acetic acid (CH₃COOH % 99.8-100.5 Cas no: 27225-2.5L-R), and Tetraethyl orthosilicate (TEOS) (Cas no: 86578-1L % 99.0) were purchased from Sigma ALDRICH company. TK.200650.05001 Ethyl alcohol (EtOH) 96% Teksoll Extra pure, TK.090250.05001 Isopropyl alcohol (2-Propanol), and TK.92008501002 Zinc Nitrate Hexahydrate [Zn(NO₃)₂·6H₂O] Extra pure were purchased from TEKKIM company, and Tin(II) chloride dihydrate (SnCl₂·2H₂O) was purchased from MERCK company.

2.2. Methods

Preparation of wood samples

Wood samples were washed with pure water in an ultrasonic bath (Figure 1) for 15 minutes at 25°C using an ultrasonic frequency of 40 kHz. Then, they were dried at 105±2 °C until the weight was not changed.

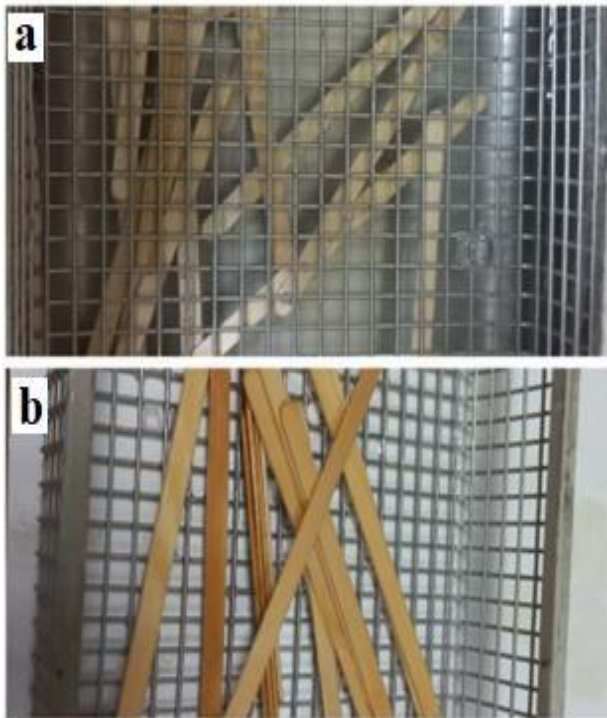


Figure 1. (a): Ultrasonic washing and (b) after.

Preparation of solutions

1 gram of chitosan (Ch) was dissolved in 200 ml of 3% acetic acid (CH_3COOH) solution (Figure 2) as shown below.

A 200 mL solution of 0.5 M Zinc Nitrate [$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] was prepared for application to the wooden samples, while a 200 mL solution of 0.5 M Tin (II) Chloride Dihydrate ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) was prepared in a mixture of water and ethanol (2:1 ratio). The preparation of the wooden surfaces and solutions is shown schematically in Figure 3.

Solutions were prepared by adjusting the pH to 2-3 using 37% hydrochloric acid (HCl) (Figure 3a) to ensure the positive charging of the nanoparticles in the solution (Zhou and Fu, 2020). Then, wooden samples with dimensions of 1.00 X 5.00 X 110 mm, which were negatively charged due to the presence of hydroxyl groups on their surfaces, were immersed in three different solutions containing positively charged particles (Figure 3b). The samples were left in the solutions for 90 minutes, during which time the positively charged particles were absorbed by the wooden samples through electrostatic forces and self-adhered to the lignocellulosic surface (Figure 4). Afterward, the wood samples were washed with distilled water and dried in an oven at 60°C for 1 hour.

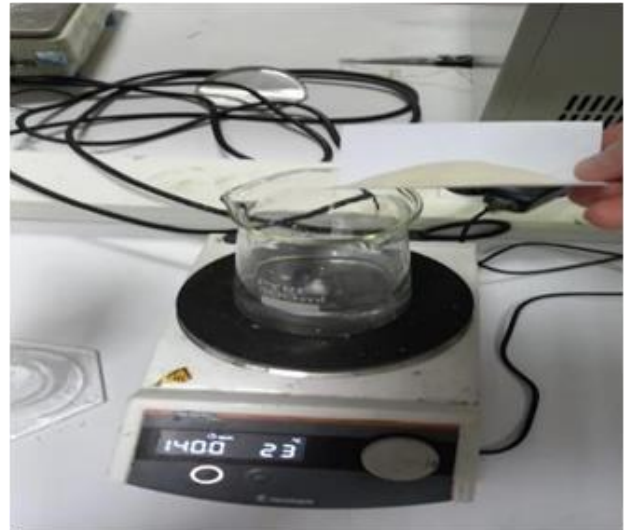


Figure 2. Preparation of chitosan solution.

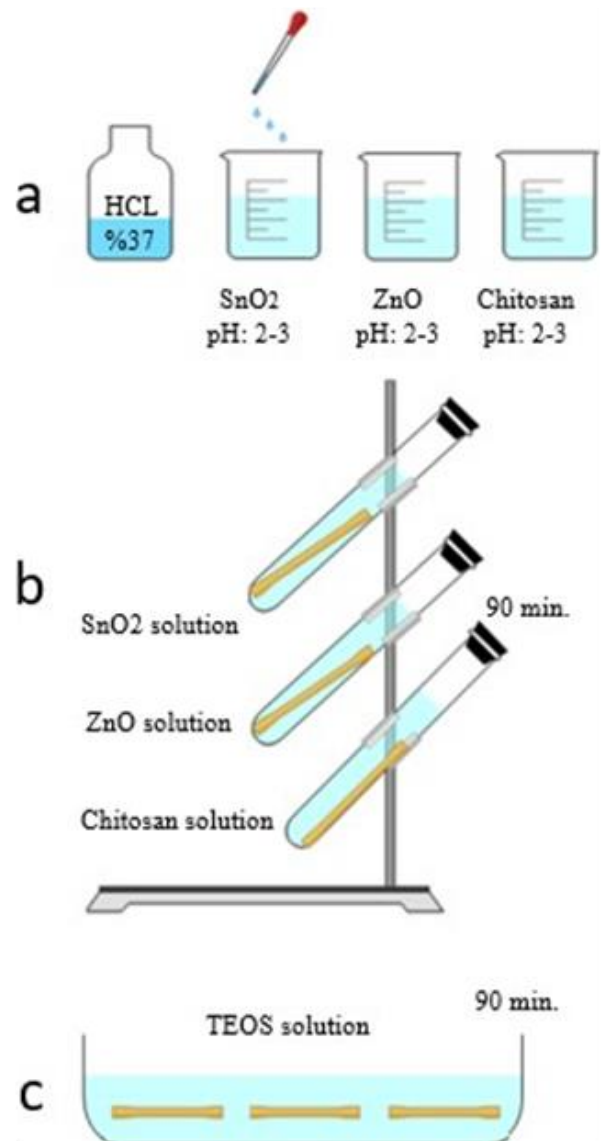


Figure 3. Schematic representation of the preparation of wooden substrate and solutions

Subsequent to treatment with tin, zinc, and chitosan solutions, wood samples were impregnated with a TEOS solution, prepared in accordance with the methodology outlined in Figure 3c (TEOS: EtOH = 1:2 V/V) for a duration of 90 minutes. Following impregnation, the wood samples were subjected to a second round of washing with distilled water. To facilitate the drying process, the samples were then placed in an oven set at $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 1 hour, as depicted in Figure 5. While the weight measurements of the wood materials were conducted both before and after modification, they were not performed under any specific conditions. Notably, the samples were not subjected to conditioning in the climatic chamber.

Surface Roughness

An optical profilometer device (Phase View brand) was utilized to take surface roughness measurements, is a non-invasive approach to measuring the surface profile, height, and shape of objects (Figure 6). The method involves illuminating the object's surface with a profilometer and then measuring the amount of reflected light. This data is then utilized to generate a three-dimensional image of the surface, which can be utilized for various applications, including detecting surface defects, measuring surface heights, and determining surface roughness. Two common profile parameters used in optical profilometry are Ra, which denotes the average roughness of the surface, and Rz, which denotes the average maximum height of the profile.

Color measurements

The color analysis of the wood samples was conducted at the Fibrobeton R&D center using a PCE-CSM 10 spectrophotometer (Figure 7). The color alteration observed on the lignocellulosic surface serves as an indicator of surface functionalization. The PCE-CSM 10 spectrophotometer quantifies colors based on the CIE Lab* color space standard. This standard provides an objective definition and measurement of the lightness (L^*), the position between red/green (a^*), and the position between yellow/blue (b^*) for a specific color (ASTM-D2244-21, 2021).



Figure 5. Final dried samples obtained by treatment with TEOS.

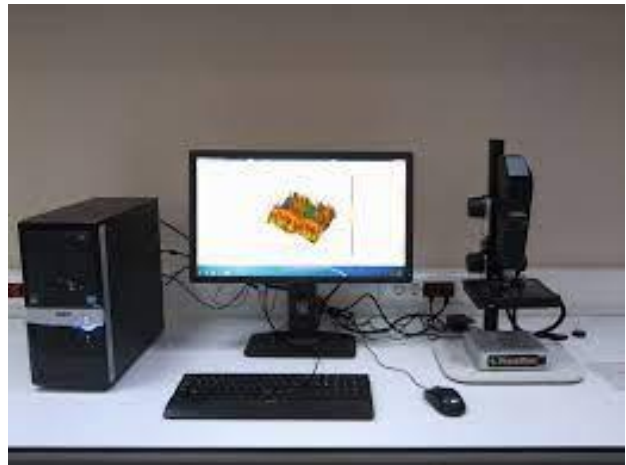


Figure 6. Optical profilometry.



Figure 4. Impregnation method.



Figure 7. PCE-CSM 10 spectrophotometer device.

Thermogravimetric Analysis

Thermogravimetric analysis (TGA) is a common analytical technique used to measure how the weight of a sample changes with temperature. It is used to study the thermal behavior of materials, such as the amount and rate of weight loss, the temperatures at which degradation or decomposition occurs, and the residue weight after processing. TGA has a wide range of applications in many fields, such as materials science, chemistry, and environmental science, to determine thermal stability, composition, purity, and contamination of materials. The technique is based on the principle that the weight of a sample changes due to physical or chemical processes (such as evaporation, oxidation, and decomposition) when heated. This study compared the thermal stabilization of wood samples functionalized with nanoparticles using the impregnation method. Thermogravimetric and differential thermal analyses (TGA/DTA) were conducted using a DTG 60H - DSC 60TGA model device from the Shimadzu brand (Figure 8).

SEM & EDX Analysis

Moreover, imaging and measurements for Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Analysis (SEM-EDX) were performed using FEI brand equipment, specifically the Quanta FEG 250 model (Figure 9), at the Scientific and Technological Research Application and Research Center (DÜBİT).

Water uptake (%)

The wood samples' water uptake ratio (%) was determined by measuring their weight after being submerged in water for 24 hours (as shown in Figure 19) and applying formula (1):

$$SW = \frac{M_w - M_d}{M_d} \times 100 \quad (1)$$

Here, M_d represents the initial weight of the sample in grams, M_w is the weight of the sample after being immersed in water in grams, and SW is the water uptake ratio expressed as a percentage.



Figure 8. DTG 60H device.



Figure 9. SEM-EDX device.

3. Results and discussion

3.1. SEM & EDX Analyses

The SEM and EDX images of the massive wood (W) representing the control sample are given in Figure 10.

The carbon (C) and oxygen (O) peaks observed in the EDX spectrum in Figure 10 are attributed to the elements abundant in the main components of wood, cellulose, hemicellulose, and lignin, due to their structural properties. Since there is no coating or nano-accumulation on the wood surface, the lumens and channels are clearly visible.

Figure 11 shows the SEM image and EDX analysis of the wood surface that was impregnated with chitosan solution positively charged by adding HCl for 90 minutes.

As a result of the EDX spectrum analysis, the emergence of the nitrogen (N) peak due to the attachment of chitosan to the lignocellulosic surface was observed. The N amount of 1.31% may belong to the chitosan on the surface, and the chlorine amount of 1.03% may be attributed to the HCl acid used for pH adjustment. Additionally, it was determined that the lumens were closed due to the accumulation of chitosan on the surface (Figure 12).

When positively charged ZnO nanoparticles accumulate on the lignocellulosic surface, the EDX spectrum analysis reveals that 42.4% C, 45.8% O, and 9.76% Zn are adsorbed by the surface. Compared to the solid surface, the ZnO accumulations are observed in the SEM image to accumulate along the lumens and channels (Figure 13).

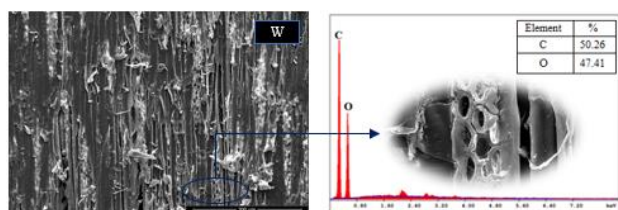


Figure 10. Elemental analyses of the massive (W) surface with SEM and EDX images.

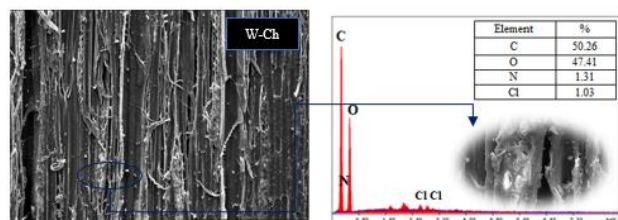


Figure 11. SEM & EDX analyses of the wood-chitosan (W-Ch) surface.

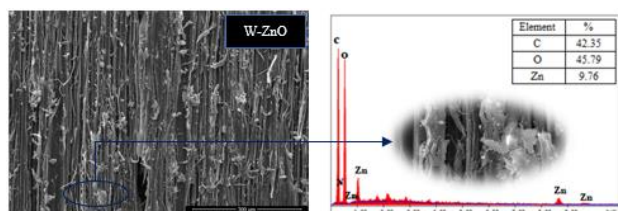


Figure 12. SEM & EDX analyses of the wood-ZnO (W-ZnO) surface

SEM and EDX analyses of the massive sample immersed in a solution containing positively charged SnO₂ particles are given in Figure 13.

According to the EDX results, it was determined that tin (Sn) particles are located on the wood surface at a rate of 25.73% due to electrostatic forces of negatively charged hydroxyl groups. In addition, the SEM images show SnO₂ particle adhesions (Figure 14).

Wood samples impregnated with positively charged chitosan solution were treated with tetraethyl orthosilicate ethanol (TEOS/EtOH) solution for 90 minutes to enhance the hydrophobization of the surface. This treatment, known as silanization, was the final step in the functionalization process. According to SEM and EDX analyses, silanization was successful, as evidenced by the appearance of peaks for 21.29% silicon (Si) and 0.26% fluorine (F) in the EDX spectrum after the treatment (Figure 14). Furthermore, the waxy layer that provides hydrophobization was observed in the SEM image after silanization. The carbon and oxygen peaks observed in the EDX spectrum were typical of lignocellulosic structures, and the presence of a 1.27% nitrogen (N) peak was due to chitosan accumulation prior to silanization (Figure 14).

It is observed that the silanization process is successful on wood surfaces impregnated with zinc and tin solutions by treating them with a Tetraethyl orthosilicate Ethanol (TEOS/EtOH) solution for 90 minutes. Silan peaks were detected at a rate of 19.86% on the surface containing ZnO particles (Figure 15), and at a rate of 33.05% on the surface covered with SnO₂ particles (Figure 16).

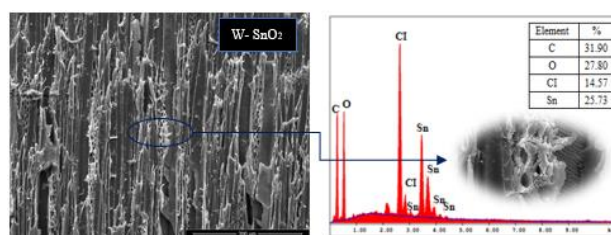


Figure 13. SEM & EDX analyses of the wood-Tin dioxide (W-SnO₂) surface

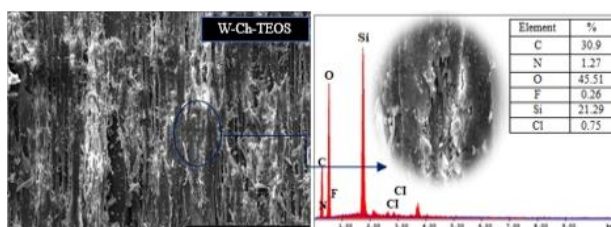


Figure 14. SEM & EDX analyses of the wood-chitosan-TEOS (W-Ch-TEOS) surface

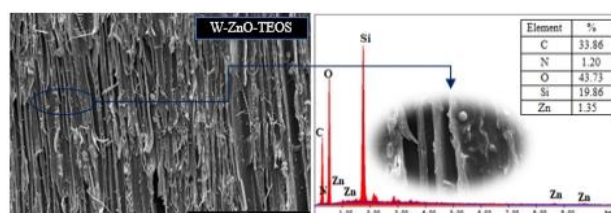


Figure 15. SEM & EDX analyses of the wood-ZnO-TEOS (W-ZnO-TEOS) surface

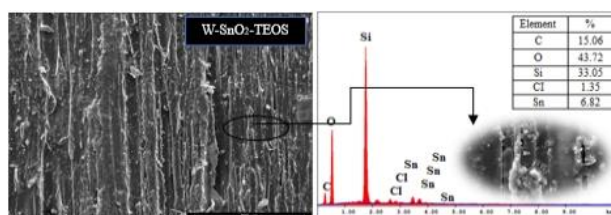


Figure 16. SEM & EDX analyses of the wood-Tin dioxide-TEOS (W-SnO₂-TEOS) surface

3.2. Color analyses

The color measurement parameters are shown in the graph in Figure 17.

The color change parameters of the wooden samples were compared to the control sample, which had L*, a*, and b* values of 78.1, 5.53, and 16.7, respectively.

In the case of the wooden surface coated with Zn particles, an increase of 3.87% was observed in the L* parameter, indicating a whiter appearance. There was also an increase of 26.8% in the a* parameter, indicating a change in red/green color tones, and a 6.34% increase in the yellow/blue color values. However, in the Zn-TEOS sample, a 4.35% decrease in the L* value, a 37.1% increase in the a* value, and a 6.22% increase in the b* values were observed.

For the wooden surface functionalized with Sn particles, the L*, a*, and b* color parameter values decreased by 9.69%, and 58.0%, and increased by 15.9%, respectively, when compared to the control sample. In the Sn-TEOS sample, the L* and a* parameters decreased by 9.77% and

7.41%, respectively. There was a 0.41% increase in the b* color parameter of the Sn-TEOS sample.

As a result of the location of Ch particles, a 14.4% decrease was observed in the L* value of the lignocellulosic surface compared to the control sample. It is possible to say that there was an increase of 66.0% and 20.0% in the other color parameters a* and b*, respectively. All color parameter values of the Ch-TEOS sample increased by 1.43%, 7.59%, and 9.88% in L*, a*, and b* values, respectively, when compared to the control sample.

3.3. Optical profilometry

As profile parameters, Ra (average roughness of the surface) and Rz (average maximum height of the profile) could be used as an objective approach to evaluating surface morphology in this study. The surface parameters of the control sample (W) were measured as Ra: 0.34 μm and Rz: 1.16 μm. The surface parameter values of the W-Ch sample intervened with positively charged chitosan particles were determined as Ra: 0.25 μm and Rz: 1.05 μm. Here, it was observed that there was a 24.7% decrease in the arithmetic average roughness value Ra of the surface after impregnation with chitosan, while there was a 9.39% decrease in the mean maximum height value of the profile (Rz). When the location of zinc oxide (ZnO) particles on the wood surface was compared with the control, it was determined that the Ra value decreased by 30.3% to 0.23 μm and the Rz value

decreased by 24.8 % to 0.87 μm. Similarly, after impregnation with SnO₂ particles, the surface parameters of the W-SnO₂ sample were measured as Ra: 0.23 μm and Rz: 0.90 μm, respectively, showing a decrease of 30.5% and 22.3% (Figure 18).

The surface roughness parameters, Ra and Rz, of the W-Ch, W-ZnO, and W-SnO₂ samples, after being modified by silanization with TEOS, were determined and presented in Figure 19.

The surface roughness parameters Ra (average roughness) and Rz (average maximum height of the profile) were evaluated for W-Ch, W-ZnO, and W-SnO₂ samples after silanization with tetraethyl orthosilicate (TEOS), as shown in Figure 19. The results demonstrated that the average surface roughness value Ra of the W-Ch-TEOS sample was measured to be 0.09 μm, with an Rz value of 0.39 μm, representing a reduction of 72.8% and 22.3%, respectively, compared to the solid samples. Similarly, the surface parameters of the W-ZnO-TEOS sample were decreased by 41.0% and 30.4%, measuring 0.20 μm and 0.81 μm, respectively, compared to the control sample. In the case of W-SnO₂-TEOS, the Ra value was found to be 0.17 μm, and the Rz value was 0.68 μm, which represents a decrease of 47.6% and 41.5%, respectively, compared to control W. These findings suggest that silanization with TEOS can effectively modify the surface roughness of the wood samples.

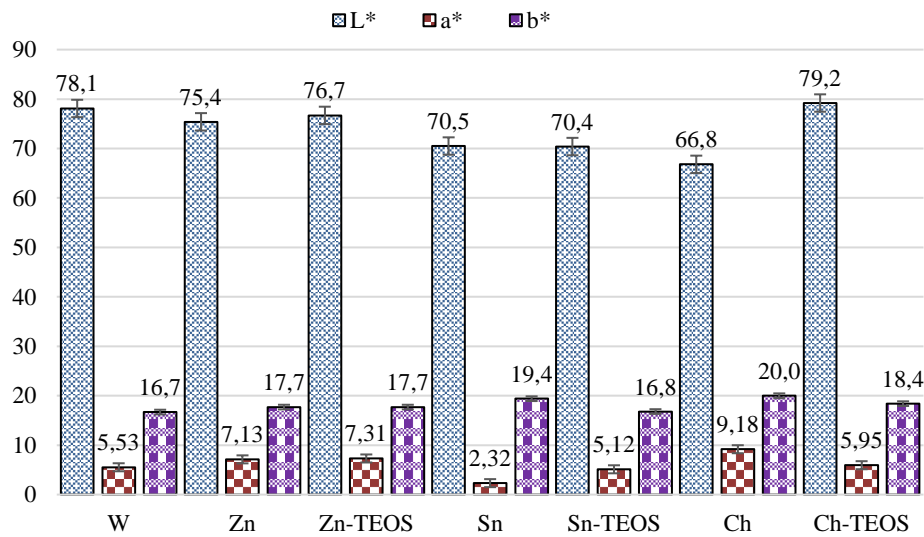


Figure 17. The color parameters (%)

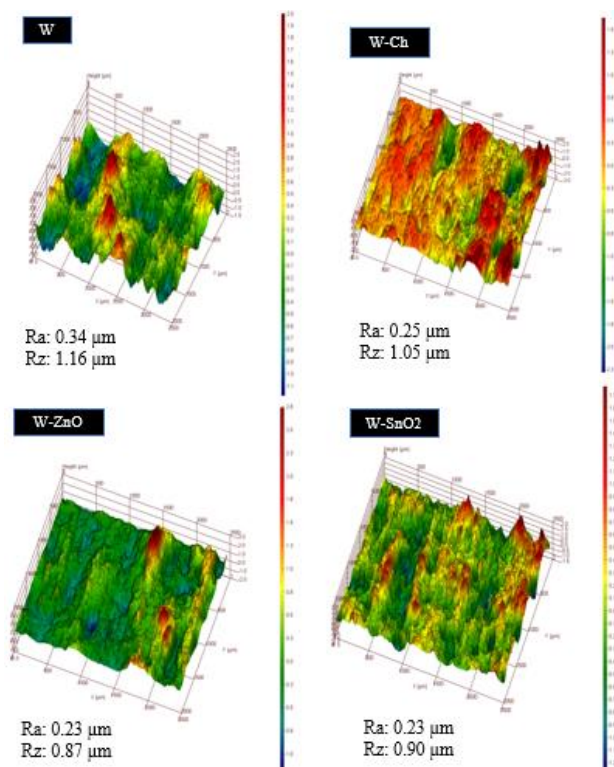


Figure 18. The measured surface roughness parameters are Ra and Rz values of W, W-Ch, W-ZnO, and W-SnO₂ samples.

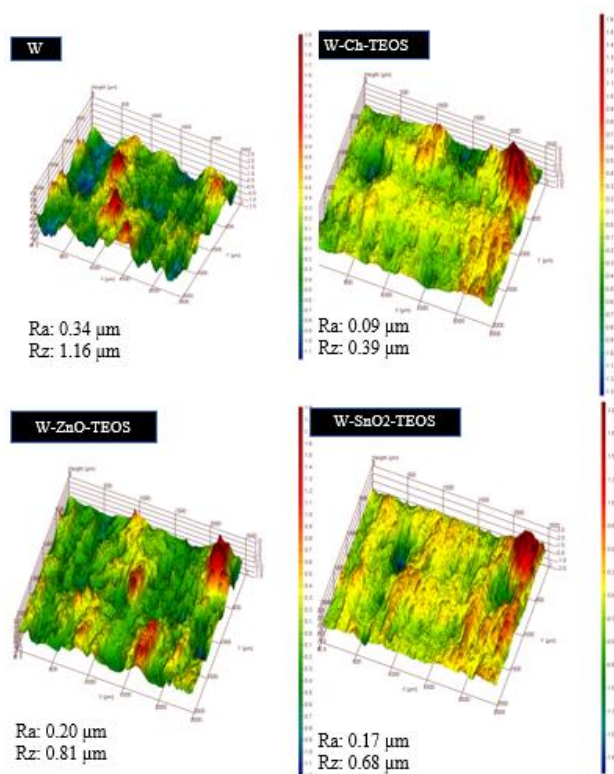


Figure 19. The surface parameters after silanization by TEOS.

3.4. Thermogravimetric analysis

TGA and DTA graphs of W, W-Ch, W-ZnO, and W-SnO₂ were given in Figures 20 and 21.

The TGA (Thermogravimetric Analysis) curves of the control (W) and functionalized W-Ch, W-ZnO, and W-SnO₂ samples exhibit similar oscillations up to 100°C. This may be attributed to the departure of water molecules from the lignocellulosic structure (Zhou et al., 2011; Ramazanoğlu and Özdemir, 2022). The control sample (W) shows a weight loss of 40.7% (2.732 mg) at 350-363°C, which could be attributed to the depolymerization of hemicellulose, and a second major decomposition peak at 458-478°C resulting in a weight loss of 16.7% (1.164 mg), likely due to cellulose degradation. Loss of hemicellulose typically occurs between 150 and 220°C, where thermal decomposition leads to the degradation of sugar components within the hemicellulose structure. Cellulose loss occurs at higher temperatures, usually starting between 200 and 300°C. Within this temperature range, the amorphous structures of cellulose break down, and smaller molecules are formed (see Figures 20, 21).

Figures 22 and 23 show the TGA and DTA graphs for solid wood (W), zinc-functionalized surface (W-ZnO), and after silanization (W-ZnO-TEOS).

In the W-Ch (wood-chitosan) sample, a significant weight loss of 72.7% (6.436 mg) was observed between 341-359°C, indicating the decomposition of certain components. Another weight loss of 18.9% (1.164 mg) was observed at 468-485°C. Following the silanization process, the W-Ch-TEOS sample exhibited a weight loss of 66.4% (8.242 mg) at 342-365°C and 18.8% (2.335 mg) at 448-476°C, suggesting the presence of functional groups other than biomass (Figure 20, 21).

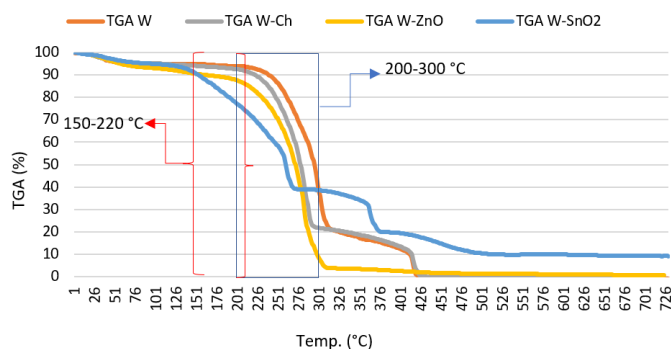


Figure 20. TGA spectra of W, W-Ch, W-ZnO, and W-SnO₂.

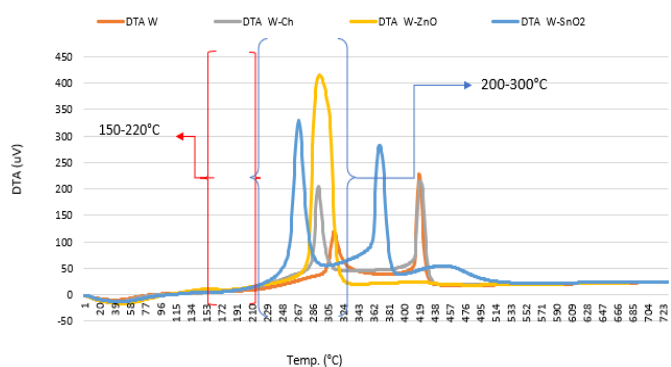


Figure 21 DTA spectra of W, W-Ch, W-ZnO, and W-SnO₂.

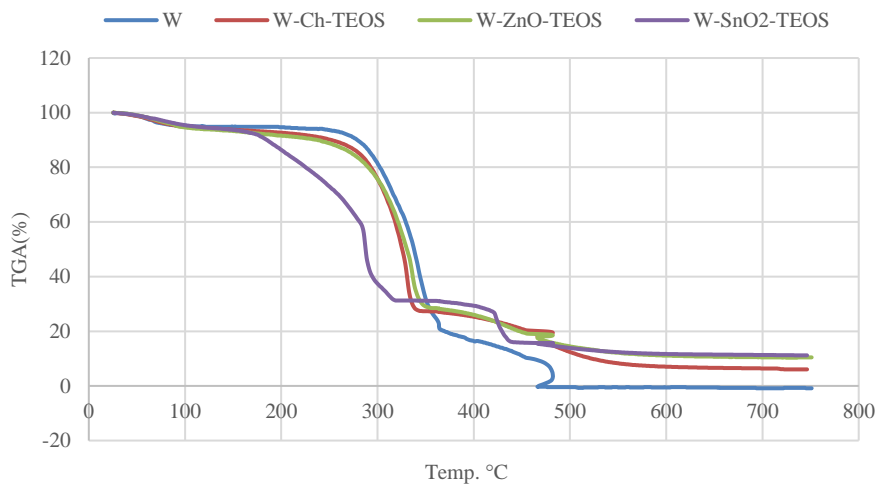


Figure 22. TGA spectra of W, (Wood), W-Ch-TEOS (Wood-Chitosan-TEOS), W-ZnO-TEOS (Wood-ZnO-TEOS), and W-SnO₂-TEOS(Wood-SnO₂-TEOS).

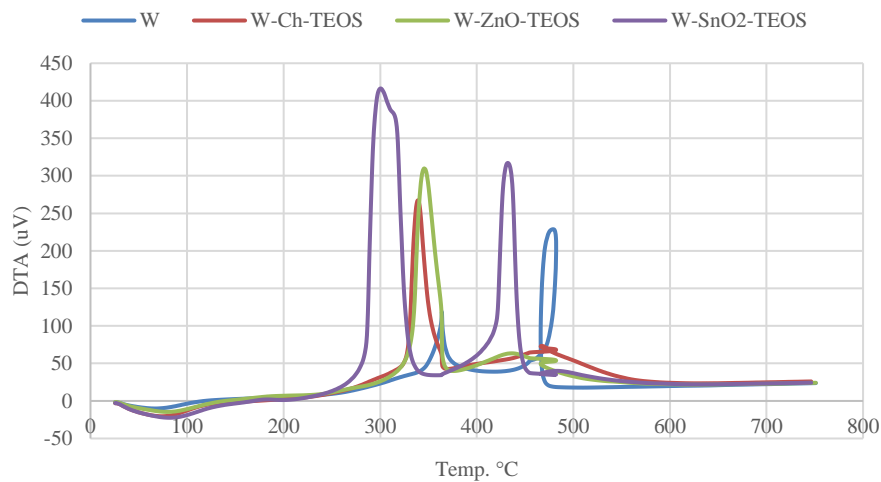


Figure 23. DTA spectra of W (Wood), W-Ch-TEOS (Wood-Chitosan-TEOS), W-ZnO-TEOS (Wood-ZnO-TEOS), and W-SnO₂-TEOS(Wood-SnO₂-TEOS).

For the W-SnO₂ (wood-tin dioxide) sample, the first weight loss occurred at 304-343°C with a rate of 31.4% (2.922 mg), indicating the decomposition of certain components. Another weight loss of 18.9% (1.763 mg) was observed at 410-437°C. Additionally, a third weight loss of 9.61% (0.894 mg) was observed at 437-490°C. After silanization with TEOS, the W-SnO₂-TEOS sample exhibited a weight loss of 46.3% (7.050 mg) at 301-353°C and 15.4% (2.345 mg) at 431-469°C.

The first weight loss was observed in the W-ZnO (wood-zinc oxide) sample at 338-387°C, accounting for 85.3% (7.957 mg) of the total weight loss. The second weight loss occurred at 365-462°C, representing a smaller proportion of 2.07% (0.193 mg). After treatment with TEOS, the first weight loss of W-ZnO-TEOS was observed at 340-375°C, accounting for 62.1% (5.717 mg) of the total weight loss. The second decomposition was observed at 381-439°C, representing 14.4% (1.328 mg) of the weight loss.

The illustration of the repelling of the new surface after silanization with TEOS is depicted in Figure 24.

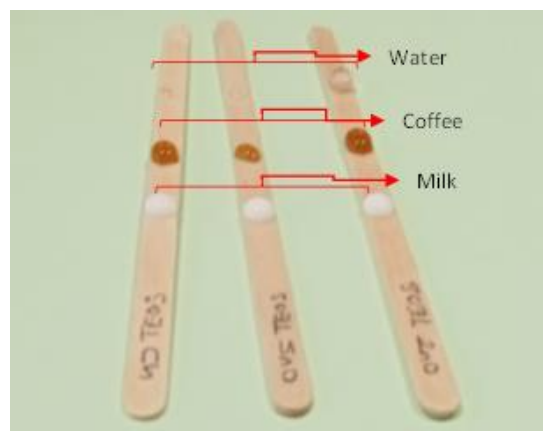


Figure 24. After silanization with TEOS the surface repellency of W-Ch-TEOS (Wood-Chitosan-TEOS), W-ZnO-TEOS (Wood-ZnO-TEOS), and W-SnO₂-TEOS (Wood-SnO₂-TEOS).

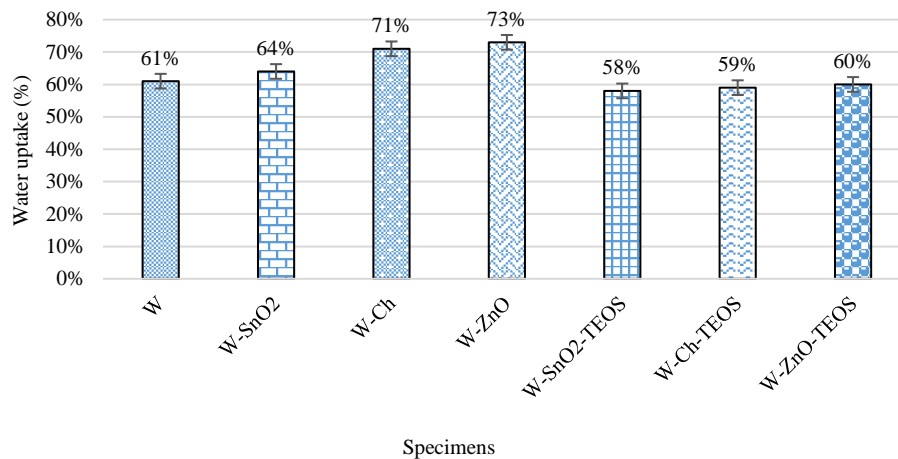


Figure 25. Water absorption percentages of all samples [W (Wood), W-Ch-TEOS (Wood-Chitosan-TEOS), W-ZnO-TEOS (Wood-ZnO-TEOS), and W-SnO₂-TEOS(Wood-SnO₂-TEOS)].

Those wood protection processes can be ranked from best to weakest based on the weight loss observed at different temperature ranges:

1. W-ZnO-TEOS: This process exhibited a significant weight loss at temperatures of 340-375°C, accounting for 62.1% (5.717 mg) of the total weight loss. The second decomposition occurred at 381-439°C, representing 14.4% (1.328 mg) of the weight loss.
2. W-SnO₂-TEOS: This process showed a weight loss of 46.3% (7.050 mg) at temperatures of 301-353°C and 15.4% (2.345 mg) at 431-469°C.
3. W-Ch-TEOS: After silanization with TEOS, this process exhibited a weight loss of 66.4% (8.242 mg) at temperatures of 342-365°C and 18.8% (2.335 mg) at 448-476°C.

3.5. Water uptake (%)

The wood samples were measured by weighing them after being soaked in water for 24 hours and calculated according to formula (2).

$$WA = \left(\frac{w_2 - w_1}{w_1} \right) \times 100 \quad (2)$$

The water absorption amount, WA (%), is calculated using the formula: $WA = ((w_2 - w_1) / w_1) \times 100$, where w_1 is the weight (g) of the test specimen before being soaked in water and w_2 is the weight (g) of the test specimen after being soaked in water. It was observed that the solid wood sample (W) had a water uptake of 61% after being soaked in water for 24 hours, while the samples functionalized with zinc oxide (ZnO), chitosan (Ch), and tin dioxide (SnO₂) nanoparticles exhibited an increase in water uptake values of 64%, 71%, and 73%, respectively, due to the formation of chromophoric carbonyl (C=O, -NO₂, -NO, C=C, -CHO) and carboxyl (R-COOH) groups caused by surface damage (Ramazanoğlu et al., 2022; 2023). The water uptake values after silanization with TEOS were 58%, 59%, and 60%,

respectively (Figure 25). These values are an indicator of increased hydrophobicity.

4. Conclusion

According to SEM and EDX analysis, it was observed that nanoparticles applied by the impregnation method were positioned on the surface by electrostatic force. Changes in surface morphology and color spectra were observed after each functionalization.

According to TGA and DTA analysis results, functionalization has provided the preservation of the lignocellulosic structure by showing less degradation compared to solid wood. However, the hydrophilic lignocellulosic structure has been damaged by Ch, ZnO, and SnO₂ nanoparticles, causing mass loss and the formation of many free radical end groups such as chromophoric carbonyl and carboxyl groups, leaving the structure more hydrophilic and unprotected against environmental conditions. However, the fire resistance has increased after the silanization with TEOS.

Finally, it was observed that the water absorption rate increased when nanoparticles were attached to the surface during the water absorption experiments, indicating the successful attachment of nanoparticles through the impregnation method. Successful results were achieved except for the surface treated with zinc oxide hydrophobized with TEOS. This wood protection approach involves immersion in the chemical solution for functionalization, eliminating the need for additional heating, pressure, or specific conditions, making it a cost-effective method compared to traditional approaches. In future studies, the level of protection can be enhanced by applying different nanoparticles and hydrophobic agents to the lignocellulosic surface.

Acknowledgements



The corresponding author would like to express gratitude to Mr. Muhammed Maraşlı, a Fibrobeton board member, and all Fibrobeton R&D center employees for their support in conducting the color measurement analysis. Additionally, appreciation is extended to Prof. Dr. Serkan Subaşı for providing access to the Duzce University Composite laboratory facilities.

References

- Alfredsen, G., Eikenes, M., Solheim, H., Militz, H., 2004. Screening of chitosan against wood-deteriorating fungi. *Scand. J. Forest Res.*, 19(5): 4-13.
- ASTM-D2244-21, 2021. Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates. *Annual Book of ASTM Standards, USA*.
- Aversa, M., Van Der Voort, A.J., De Heij, W., Tournois, B., Curcio, S., 2011. An Experimental Analysis of Acoustic Drying of Carrots: Evaluation of Heat Transfer Coefficients in Different Drying Conditions. *Drying Technology*, 29(2): 239-244.
- Bantle, M.; Eikevik, T.M., 2011. Parametric Study of High-Intensity Ultrasound in The Atmospheric Freeze Drying of Peas. *Drying Technology*, 29(10): 1230-1239.
- Bulian, F., Graystone J. A., 2009. *Industrial Wood Coatings. Theory and Practice*, First Edition, Elsevier, Amsterdam, pp. 135.
- Carcel, J. A., Garcia-Perez, J.V., Riera, E., Mulet, A., 2011. Improvement of Convective Drying of Carrot by Applying Power Ultrasound Influence of Mass Load Density. *Drying Technology*, 29(2): 174-182.
- Chirkova, J., Anderson, I., Irbe, I., Spince, B., Andersons, B., 2011. Lignins as agents for bio-protection of wood. *Holzforchung* 65(4): 497-502.
- Clausen, P.A. Helle, M., Kärki, P., 2004. Environmental aspects of wood protection and preservation. *Environmental Pollution*, 128 (1):57-64.
- Croitoru, C., Patachia, S., Lunguleasa, A., 2015. A mild method of wood impregnation with biopolymers and resins using 1-ethyl-3-methylimidazolium chloride as carrier. *Chem. Eng. Res. Des.*, 93, 257-268.
- De la Fuente-Blanco, S., De Sarabia, E. R. F., Acosta-Aparicio, V. M., Blanco-Blanco, A., Gallego-Juarez, J.A., 2006. Food Drying Process by Power Ultrasound. *Ultrasonics*, 44(4): 523-527.
- Duan, X., Zhang, M., Li, X., Mujumdar, A.S., 2008. Ultrasonically Enhanced Osmotic Pretreatment of Sea Cucumber Prior to Microwave Freeze Drying. *Drying Technology*, 26(4): 420-426.
- Eikenes, M., Alfredsen, G., Christensen, B., Militz, H., Solheim, H., 2005. Comparison of chitosan with different molecular weights as possible wood preservatives. *J. Wood Sci.*, 51(4): 387-394.
- El-Gamal, R., Nikolaivits, E., Zervakis, G.I., Abdel-Maksoud, G., Topakas, E., Christakopoulos, P., 2016. The use of chitosan in protecting wood artifacts from damage by mold fungi. *Electron. J. Biotechnol.*, 24, 70-78.
- Fan, L. Hu, Z. Wang., J. Chen., 2014. Enhancement of wood properties by multifunctional coatings, *Progress in Organic Coatings*, 77(8):1734-1742.
- Fan, Y. Hu, L., Chen, J., 2013. Multifunctional coatings for wood protection, *Progress in Organic Coatings*, 76(7):1027-1036.
- Floros, J.D., Liang, H.H., 1994. Acoustically Assisted Diffusion Through Membranes and Biomaterials. *Food Technol-Chicago* 48(12): 79-84.
- Garcia, H., Ferreira, R., Petkovic, M., Ferguson, J.L., Leitao, M.C., Gunaratne, H.Q.N., Seddon, K.R., Rebelo, L.P.N., Pereira, C.S., 2010. Dissolution of cork biopolymers in biocompatible ionic liquids, *Green Chem.* 12(3): 367-369.
- Garcia-Perez, J.V., Carcel, J.A.; Riera, E.; Mulet, A., 2009. Influence of The Applied Acoustic Energy on The Drying of Carrots and Lemon Peel. *Drying Technology* 27(2):281-287.
- Garcia-Perez, J.V., Ozuna, C., Ortuno, C., Carcel, J.A., Mulet, A., 2011. Modeling Ultrasonically Assisted Convective Drying of Eggplant. *Drying Technology* 29(13): 1499-1509.
- Griffini, G., Passoni, V., Suriano, R., Levi, M., Turri, S., 2015. Polyurethane coatings based on chemically unmodified fractioned lignin, *ACS Sustain. Chem. Eng.* 3(6): 1145-1154.
- He, Z.B., Yang, F., Yi, S.L., Gao, J.M., 2012. Effect of Ultrasound Pretreatment on Vacuum Drying of Chinese Catalpa Wood. *Drying Technology* 30(15): 1750-1755.
- Herrera, R., Gordobil, O., Llano-Ponte, R., Labidi, J., 2016. Esterified lignin as hydrophobic agent for use on wood products, in: *Proceedings of the COST Action FP1407, 2nd Conference, Innovative Production Technologies and Increased Wood Products Recycling and Reuse*, 29-30 September 2016, Brno, Czech Republic, p. 79.
- Jangam, S.V., 2011. An Overview of Recent Developments and Some R&D Challenges Related to Drying of Foods. *Drying Technology* 29(12): 1343-1357.
- Kim, K.S. Kim, Y.H., Kim, Y.S., 2018. A review of the environmental impacts of wood preservatives. *Environmental Research Letters*, 13, (8):085007.
- Krishnan, R.T., Adhikari, B.S., 2014. Environmental impact of wood preservatives: a review, *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 186, (1): 499-515.
- Laflamme, P., Benhamou, N., Bussières, G., Dessureault, M., 2000. Differential effect of chitosan on root rot fungal pathogens in forest nurseries, *Can. J. Bot.* 77(10): 1460-1468.
- Larnøy, E., Eikenes, M., Militz, H., 2005. Uptake of chitosan based impregnation solutions with varying viscosities in four different European wood species, *Holz Roh-Werkst.* 63(6): 456-462.
- Mothibe, K.J., Zhang, M., Nsor-atindana, J., Wang, Y.C., 2011. Use of Ultrasound Pretreatment In Drying of Fruits: Drying Rates, Quality Attributes, and Shelf Life Extension. *Drying Technology* 29(14):1611-1621.
- Nowrouzi, Z., Mohebbi, B., Younesi, H., 2016. Treatment of fir wood with chito- san and PEG, *J. Forestry Res.* 27(4): 959-966.
- Ojanen J., Kärki, P., 2010. Chemical wood protection: an overview of the history, current state and challenges. *Wood Material Science & Engineering*, 5 (3):137-150.
- Patachia, S., Croitoru, C., Friedrich, C., 2012. Effect of UV exposure on the surface chemistry of wood veneers treated with ionic liquids, *Appl. Surf. Sci.* 258(18): 6723- 6729.
- Ramazanoğlu, D., Mohammed, Z.A., Khalo, I., Maher K., 2022. Aubergine-based Biosorbents for Heavy Metal Extraction. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5 (2): 198-205.
- Ramazanoğlu, D., Mohammed, Z.A., Maher, K., 2023. Investigation Usability of Biosorbents Obtained from Orange peels in Heavy Metal Adsorption. *Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3 (2): 1-12.
- Ramazanoğlu, D., Özdemir, F., 2020a. Ahşap Yüzeyde Akıllı Nano Biyomimetik Hidrotermal Lokasyonlama, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22 (2): 447-456.
- Ramazanoğlu, D., Özdemir, F., 2020b. Ön İşlem Olarak Uygulanan Ultrasonik Banyonun Ceviz Kaplamaların Özellikleri Üzerine Etkileri . *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22 (2): 479-484.
- Ramazanoğlu, D., Özdemir, F., 2020c. Hidrotermal yaklaşımın lignoselülozik yüzeydeki akıllı nano biyomimetik yansımaları . *Turkish Journal of Forestry*, 21 (3), 324-331
- Ramazanoğlu, D., Özdemir, F., 2020d. Smart nano biomimetic hydrothermal location on wooden surface. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 22 (2): 447-456
- Ramazanoğlu, D., Özdemir, F., 2021. ZnO-based Nano Biomimetic Smart Artificial Form Located on Lignocellulosic Surface with Hydrothermal Approach. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 21 (1): 12-20.
- Ramazanoğlu, D., Özdemir, F., 2022. Biomimetic surface accumulation on Fagus orientalis. *Appl Nanosci* 12,2421–2428.
- Reddy, M.V. Sunkara, S.B. Raju, K.S. Prasad, V.S.R.K., 2012. Synthesis and Characterization of Chitosan/Titania Nanocomposites, *Journal of Nanomaterials*, vol. 2012, Article ID 849362, 7 pages.

- Schaller, C., Rogez, D., 2007. New approaches in wood coating stabilization, *J. Coat. Technol. Res.* 4(4): 401-409.
- Stasiewicz, M., Fojutowski, A., Kropacz, A., Pernak, J., 2008. 1-Alkoxymethyl-X- dimethylaminopyridinium-base ionic liquids in wood preservation, *Holzforschung* 62(3): 309-317.
- Tanaka, T., Avramidis, S., Shida, S., 2010. A Preliminary Study on Ultrasonic Treatment Effect on Transverse Wood Permeability. *Maderas. Ciencia y Tecnología* 12(1): 3-9.
- Tarleton, E., 1992. The Role of Field-Assisted Techniques in Solid/Liquid Separation. *Filtr Separat* 29(3): 246-238.
- Tarleton, E., Wakeman, R., 1998. *Ultrasound Food Process.* Thomson Science, London, United Kingdom. 193-218
- Wan, P.J., Muanda, M.W., Covey, J.E., 1992. Ultrasonic vs Nonultrasonic Hydrogenation in A Batch Reactor, *Journal of the American Oil Chemists Society* 69(9): 876-879.
- Xu, H., Zhang, M., Duan, X., Mujumdar, A.S., Sun, J., 2009. Effect of Power Ultrasound Pretreatment on Edamame Prior to Freeze Drying. *Drying Technology* 27(2): 186-193.
- Zhou, L., & Fu, Y., 2020. Flame-Retardant Wood Composites Based on Immobilizing with Chitosan/Sodium Phytate/Nano-TiO₂-ZnO Coatings via Layer-by-Layer Self-Assembly. *Coatings*, 10(3): 296. MDPI AG.
- Zhou, W., Sun, F., Pan, K., Tian, G., Jiang, B., Ren, Z., Tian, C. & Fu, H., 2011. Well-Ordered Large-Pore Mesoporous Anatase TiO₂ with Remarkably High Thermal Stability and Improved Crystallinity: Preparation, Characterization, and Photocatalytic Performance. *Advanced Functional Materials*, 21(10): 1922-1930.

Treatment of paper recycling wastewater using microwave technology

Uğur Özkan^{a,*} , H. Turgut Şahin^a 

Abstract: In this study, we conducted a novel method by using a household type Microwave Owen (MW) under selected operational parameters (power and time) to treat wastewater from paper recycling under laboratory conditions. We seek to evaluate changes of the MW experimental parameters, comparatively. All measured pH values were found to be in very narrow range, between pH 7.10 (BII) and pH 7.53 (DIV), in slightly alkaline range (>7.0). However, the highest Electrical Conductivity (EC) difference was found to be 46 µS/cm. The 60 seconds MW irradiated samples at four power levels (90-, 180-, 270-, 360 Watts) showed higher ORP values than control (C1: 195 mV) while the highest ORP value of 213 mV was found with sample treated 360 W and 60 seconds (DIV). It is notable that sample DIV showed the highest pH, EC, ORP and TDS value. The control sample had turbidity value of 42.5 NTU. In all MW power levels and durations, turbidity removal was apparent which MW impact on turbidity. The lowest turbidity value of 22.2 NTU was found with sample DIV which was the highest rate of turbidity removal efficiency (DIV: 86.2%). The present study revealed that MW irradiation could be used to effectively reduce the selected physicochemical parameters that may assist in the description of wastewater quality.

Keywords: Microwave, Wastewater, Paper recycling, Turbidity

Kağıt geri dönüşüm atık sularının mikrodalga teknolojisi ile arıtılması

Özet: Bu çalışmada, atık kağıt geri dönüşümü esnasında oluşan atık suyun bertaraf edilmesinde alternatif bir yaklaşım olarak, ev tipi mikrodalga fırından faydalanılmıştır. Laboratuvar şartlarında hazırlanmış kağıt geri dönüşüm atık sularına önceden belirlenmiş mikrodalga parametreleri (güç ve zaman) uygulanarak, seçilen deneysel parametrelerin değişimleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ölçülen tüm pH değerlerinin, arıtma koşullarından bağımsız olarak, pH 7.10 (BII) ile pH 7.53 (DIV) arasında çok dar ve hafif alkali aralıkta (>7.0) olduğu bulunmuştur. Ayrıca en yüksek Elektriksel İletkenlik (EC) farkının da 46 µS/cm olduğu anlaşılmıştır. Mikrodalga işleminde uygulanan dört güç seviyesinin (90-, 180-, 270-, 360 Watt) en uzun işlem zamanında (60 saniye), kontrolden (C1: 195 mV) daha yüksek ORP değerleri gözlemlenmişken, ORP değeri 213 mV olan (360 W ve 60 saniye (DIV)) örnek en yüksek değeri vermiştir. Ayrıca, örnek DIV'nin en yüksek pH, EC, ORP ve TDS değerini (181 ppm) göstermesi dikkat çekicidir. Kontrol örneğinin bulanıklık değeri 42.5 NTU bulunmuştur. Bununla birlikte, tüm MW güç seviyelerinde ve sürelerinde, MW'nin bulanıklık üzerinde bulanıklık giderimi etkisinin oldukça belirgin olduğu hesaplanmıştır. 22.2 NTU ile en düşük bulanıklık değeri yani en yüksek bulanıklık giderimi, yine örnek DIV ile bulunmuştur (DIV: %86.2). Bu çalışma ile, MW ışınlamasının, atık kağıt geri dönüşüm esnasından oluşan atık su kalitesinin tanımlanmasına yardımcı olabileceği ve seçilmiş fizikokimyasal parametrelerle değişimlerin ölçülebilmesi bakımından önemlidir.

Anahtar kelimeler: Mikrodalga, Atık su, Kağıt geri dönüşüm, Bulanıklık

1. Introduction

The wastewater from industrial processes is facing challenges complying with stringent environmental regulations. Because these effluents have the potential to adversely affect the environment through, and formation of toxicity to impact settlements, the discharge of untreated pollutants into the environment (Huang and Logan, 2008; Kamali and Khodaparast, 2015; Izadi et al., 2018). However, different technologies have been developed for water treatment. Of these technologies, centrifugal action and coagulation are considered two of the most widely used processes employed for the removal of particles, turbidity, and natural organic matter (Chandegara and Varshney, 2014; Majekodunmi, 2015).

Depending upon technology and the type of products made, there have been reported to be countless numbers of compounds in papermaking wastewater, including soluble

organics, non-biodegradable groups, adsorbable halogens (AOX), coloring substances, phenolic compounds, inorganics, and fines (Pokhrel and Viraraghavan, 2004; Kamali and Khodaparast, 2015; Hubbe et al., 2016). But due to numerous non-fibrous coloring matters which are their particle sizes in the colloidal range, they are difficult to remove during wastewater treatment (Nasser et al., 2013). Therefore, wastewater treatments are one of the challenging topics due to technical and economic limitations. In this sense, the papermaking industry has an interest in finding a more effective and cost-effective process to treat their wastewater.

A vast literature report can be found on papermaking and other industrial wastewater treatment techniques. However, physicochemical methods have shown the ability to remove various suspended and floating matter, while sedimentation has been used for primary water clarification (Pokhrel and Viraraghavan, 2004; Kamali and Khodaparast, 2015; Hubbe

✉ ^a Department of Forest Industry Engineering, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Türkiye

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 20.03.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 18.05.2023



Citation (Atf): Özkan, U., Şahin, H.T., 2023. Treatment of paper recycling wastewater using microwave technology. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 134-138. DOI: [10.18182/tjf.1268140](https://doi.org/10.18182/tjf.1268140)

et al., 2016; Toczyłowska-Mamińska, 2017). Besides synthetic materials, various cost-effective natural adsorbents such as agricultural and forest residues have also been utilized as bio-adsorbents for treatment purposes (Janoš et al., 2009; Zedan et al., 2022). It has suggested that the ash raw bagasse (Valix et al., 2004), plant stem (Bazrafshan and Kord Mostafapour, 2013), cellulose-based waste (Annadurai et al., 2002), red pine chips (Ozkan et al., 2023) have some of the natural adsorbent that effective for removing various type of coloring matters from wastewater.

Heating is widely used for drying or for promoting chemical or physical change within the engineering manufacturing process. Although some electro-heat technologies such as induction, radio frequency (RF), direct resistance, infrared, have been utilised by a number of industries, microwave heating has long been employed in various industries including textiles, rubber and food processes. However, microwave irradiation has become a potentially attractive technique as it provides a volumetric heating process at improved heating efficiencies as compared with conventional techniques (Orsat et al., 2005; Remya and Lin, 2011; Wang and Wang, 2016; Wei et al., 2020). Therefore, there is a growing interest in its potential use in other industrial processes, such as the treatment of various waste-streams and the processing of mineral ores. A typical microwave heating is performed at either a frequency at 2450 MHz (Orsat et al., 2005). It has already been reported to be use MW irradiated to modify material's properties including; surface and bulk modification (i.e. permeability, wettability, dyeability and bonding ability), pyrolysis of lignocellulosics, phase separation and extraction, remediation of hazardous and radioactive wastes and sewage sludge treatments (Ozcelik and Sahin, 2021; Ozkan et al., 2023).

However, MW has not been found to be evaluated for treatment of wastewater from paper recycling. Therefore, this study is aimed to evaluating MW irradiated effects on wastewater obtained from post-consumer newspaper recycling. It is assumed that MW treatments improve turbidity efficiency with other basic wastewater properties (pH, EC, ORP, TDS), to determine the optimum operational conditions.

2. Material and methods

2.1. Material

Wastewater was used that is obtained after recycling old newspaper under laboratory conditions. In order to control wastewater properties and limit studies, a daily newspaper, typically made of a mixture of mechanical and chemical pulp, is supplied from a retail store and with standard paper recycling procedures.

A household type microwave oven, operated under 2.4 GHz conditions, was used for the modification of wastewater (Beko brand, 20 lt capacity). It is operated manually to control the duration of irradiation and power level.

2.2. Methods

A laboratory-type blender was used and the re-pulping concentration was employed to be 15- 20% by weight/volume. After 5-10 minutes of disintegration, all the sheets are converted to secondary pulp. Then, this slurry was screened on a 200-mesh sieve to obtain wastewater which was subjected to microwave irradiation. The MW trials were conducted at power levels of 90-, 180-, 270-, and 360 Watts with four durations (15-, 30-, 45- and 60 seconds). The 120 ml of wastewater containing a glass tube was placed in the center of the MW oven and continuously irradiated for a pre-determined time. In the end, the samples were brought to atmospheric conditions, then the MW treated wastewater was subjected to a centrifuge procedure. After that, the MW treated and centrifuged samples were tested, regarding monitoring selected wastewater properties.

A centrifuge instrument (Medwelt 800 D, China) was used which is suitable for use in small laboratory experiments. It has a capacity of 6 tubes (20 ml), with a speed of up to 4000 revolutions per minute and a timer feature of 5-30 minutes can be set. However, we have used centrifuge procedure on MW irradiated water samples at constant rpm (2000) and time (60 seconds). The centrifuge separates suspended particles, forcing denser particles to settle to the bottom according to their size and density, while low-density substances rise to the top. It has well documented that the centrifuge impact on suspended particles can be accomplished by four mechanisms: charge neutralization, bridging, double layer compression, and sweep coagulation (Choy et al., 2016).

While very complex constituents, it is not intended to characterize and determine all effluents, but only commonly accepted wastewater properties have been monitored. The pH, Total Dissolved Solids (TDS), Electrical Conductivity (EC), and Oxidation Reduction Potential (ORP) were examined with a multi-parameter instrument (Apera PC5, Wuppertal, Germany). However, the turbidity (cloudiness) of water samples was determined by a turbidity meter (Hanna HI 93703, East Drive Woonsocket, RI, USA) according to the TS EN ISO (7027) International Standard. The turbidity removal efficiency was calculated based on equations (1) (Choy et al., 2016);

Turbidity reductions (%): $[(\text{Initial turbidity} - \text{final turbidity}) / (\text{initial turbidity})] * 100$ (1)

The Peak USA c-7100 UV/Visible single beam spectrophotometer (Houston, TX 77084) with spectral bandwidth 2 nm was utilized for analyzing paper recycling wastewater.

An analysis of variance (ANOVA) was used for the statistical determination of Turbidity variations. The analysis of the obtained data were made within the scope of IBM SPSS Statistics 22 program at 95% confidence level. All multiple comparisons were individually evaluated and significant differences among the average Turbidity values were determined. Duncan test was used to make comparison among water samples for each property tested if the ANOVA found significant. While many combinations were utilized, some code numbers and abbreviations were established throughout the study given in Text, Figures and Tables. These are; C0: control, C1: centrifuged control, A: 90 Watts-, B: 180 Watts-, C: 270 Watts-, D: 360 Watts of MW power, I: 15 seconds-, II: 30 seconds-, III: 45 seconds-, IV: 60 seconds of MW durations.

3. Result and discussion

By using microwave energy, almost all the thermal reactions can be carried out with conventional heating. To take advantage of this advantageous situation, it is aimed to remove the wastewater generated in paper recycling with the help of MW irradiation. It has been assumed that MW will provide high energy transfer in a short time and will help the sedimentation of the solid pollutants in suspension, followed by centrifugation.

The pH, EC, and ORP are three of the important parameters for determining the general physicochemical properties of wastewater. In this sense, the average values of those are presented in Table 1, comparatively.

The pH or acidity-alkalinity are generally used to determine wastewater treatment requirements and the applicability of the selected process. The pH value of all the samples was between 7.10 (BII)-7.53 (DIV), showing weak alkalinity. Over this narrow range (0.43 unit), pH response indicates very slight alterations within centrifuge and followed MW treatments on hydrogen ion concentration of solutions. It is noticeable that all measured pH values are in the slightly alkaline range (>7.0), regardless of treatment conditions.

The Electrical conductivity (EC) is a physicochemical measurement of the dissolved material in an aqueous solution (Kaškonienė et al., 2010; Çevik, 2021). It might be a simple tool to monitor treatment performance of wastewater. The centrifuged wastewater might contain diluted compounds while it should have low EC values. But in our study, the EC samples were also found to be in a very narrow range. However, the highest EC value of 360 µS/cm was found with a sample DIV, while the lowest EC value of 314 µS/cm was found with a control sample (C0). The difference between the highest and lowest was only 46 µS/cm, which might be considered in the marginal range. It is apparent that there is no relationship between MW irradiation conditions and EC properties of wastewater.

In general, the oxygen reduction potential (ORP) measures how likely it is to gain electrons through reduction (reductant) or lose electrons through oxidation (oxidant). It is generally used to ensure the efficiency of a sanitizer in water that meets its standards (Kim et al., 2000). Upon careful analysis of Table 1, the centrifuge significantly reduced the impact on ORP from 309 mV to 195 mV, indicating a reduction of approximately 36.8%. However, it is notable that only 60 second MW treated samples at four different power levels (AIV, BIV, CIV and DIV) showed higher ORP values than control (C1: 195 mV) all others showed lowering ORP values. The highest ORP value of 213 mV was found with sample DIV and the lowest ORP of 170 mV with sample DI. The ORP changes indicate that the MW irradiation exerts some degree of oxidation on the paper recycling wastewater. It was well presented that the higher positive ORP, the stronger oxidation occurs, which is an indication of cleaner water which improves its sanitizing properties.

The paper mill’s wastewater typically produces amounts of toxicity and is high in pollutants. However, high concentrations of Total Dissolved Solids (TDS) are a difficult task to remove from wastewater. The TDS values ranged from 174 to 181 ppm, which is only seven units between the highest (DIV; 181 ppm) and the lowest (AI; 174 ppm) TDS values of samples (Figure 1). Moreover, the measurements exposed of the sample DIV not only showed the highest pH,

EC, and ORP values, but also distinguished from the other samples by the highest TDS value as well.

The MW appears to impact on turbidity, which is found to be lowered in all MW power levels and durations. The lowest turbidity value (highest turbidity removal) of 22.2 NTU was found with sample DIV, followed by 23.5 NTU with sample CIV, 24.3 NTU with sample BIV and 25.3 NTU CIII, respectively. The turbidity removal efficiency was also calculated based on Equation (1) and results are presented in Table 2. It is clear that MW power and time are closely related to turbidity efficiency. It continuously increased turbidity removal from the lightest and shortest conditions (AI: -73.6%) to the longest and highest treatments (DIV: -86.2%). It is clear that MW irrigation positively affect turbidity removal of wastewater from recycled paper.

In order to evaluate the combined effects of MW power and treatment time on turbidity removal, the measured values were plotted against MW power and time (Figure 2). It appears both MW parameters are positively correlated to turbidity removal. But the most dramatic reduction of turbidity was observed at initial treatment conditions (90 Watts). Further increasing MW parameters is only marginally effective at removing turbidity.

Table 1. General characteristics of wastewater

Samples	pH	EC (µS/cm)	ORP (mV)
C0	7.15	314	309
C1	7.33	357	195
90 Watts			
AI	7.12	348	178
AII	7.15	350	184
AIII	7.18	352	188
AIV	7.25	357	199
180 Watts			
BI	7.12	350	168
BII	7.10	350	178
BIII	7.15	352	185
BIV	7.21	359	197
270 Watts			
CI	7.19	353	174
CII	7.14	353	173
CIII	7.17	352	181
CIV	7.34	356	209
360 Watts			
DI	7.20	352	170
DII	7.21	353	180
DIII	7.27	355	188
DIV	7.53	362	213

EC: Electrical conductivity, ORP: Oxygen Reduction Potential

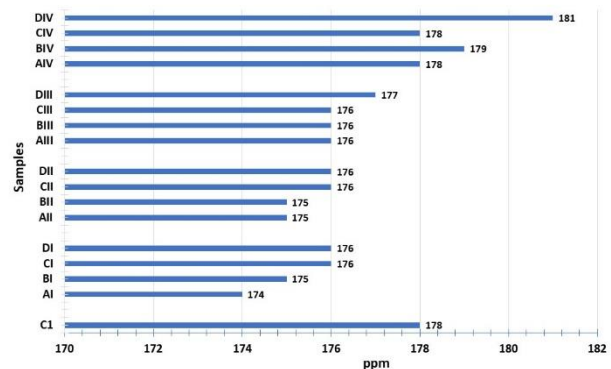


Figure 1. TDS properties of paper recycling wastewater

Table 2. Turbidity properties of MW irradiated wastewater

Samples	Turbidity (NTU)	$\Delta C0$ (%)	$\Delta C1$ (%)
C0	161 (H)		-
C1	42.5 (G)	-73.6	-
90 Watts			
AI	34.3 (G)	-78.7	-19.2
AII	30.2 (EF)	-81.3	-29.0
AIII	28.2 (CDE)	-82.5	-33.7
AIV	26.3 (BCD)	-83.7	-38.1
180 Watts			
BI	32.7 (FG)	-79.7	-37.3
BII	28.8 (DE)	-82.1	-32.2
BIII	26.8 (BCDE)	-83.3	-36.9
BIV	24.3 (AB)	-84.9	-42.8
270 Watts			
CI	28.3 (CDE)	-82.4	-33.3
CII	27.0 (BCDE)	-83.2	-36.5
CIII	25.3 (ABCD)	-84.3	-40.4
CIV	23.5 (AB)	-85.4	-44.7
360 Watts			
DI	26.5 (BCDE)	-83.5	-37.7
DII	25.7 (ABCD)	-84.1	-39.6
DIII	24.7 (ABC)	-84.7	-41.9
DIV	22.2 (A)	-86.2	-47.8

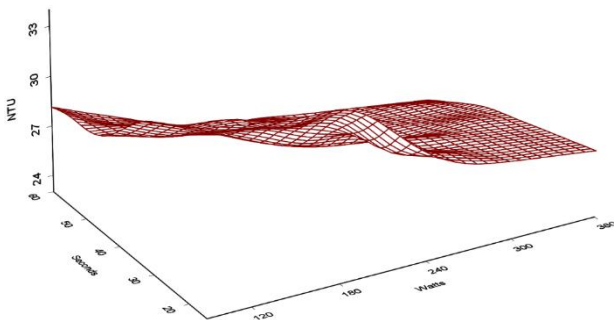


Figure 2. MW power and time effects on turbidity removal

Centrifugation is a mechanical process (centrifugal force) to separate aqueous mixtures into their different densities, shapes and sizes of the components. Figure 3 shows micrographs of control (C0), centrifuged control (C1) and 360 Watt and 60 second MW irradiated, comparatively. It could be visible that the control sample has higher particulate suspended at wastewater (C0). As expected, centrifuge effects remove large particles and clarifies wastewater at some level (C1). It has been well established that centrifugal separation of wastewater could cause surrounding molecules to be broken up. The denser components of the mixture migrate away from the centrifuge's axis, while the less dense components migrate towards it. The micrograph of C1 clearly supports this information. However, MW treatment appears to further reduce effects on particulate solutions (DIV).

A UV/VIS spectrometer was used to monitor wastewater which was subjected to MW irradiation. The control spectra show a broad range of compounds in wastewater from recycled paper (C0) but the maximum absorbance was observed at around 289 nm which is probably due to the absorbance by dissolved organic substances, mainly paper additives (clay and lime) and press-based chemicals (ink, dye or other matter). However, both centrifuge (C1) and MW irradiation be specify for the removal (coagulation) of certain components (DIV) spectral analysis showed degradation of organic matter occurred with MW treatments (Figure 4).



Figure 3. Micrographs of wastewater
C0:Control, C1: Centrifuged Control, DIV:360 Watt and 60 Second MW irradiated

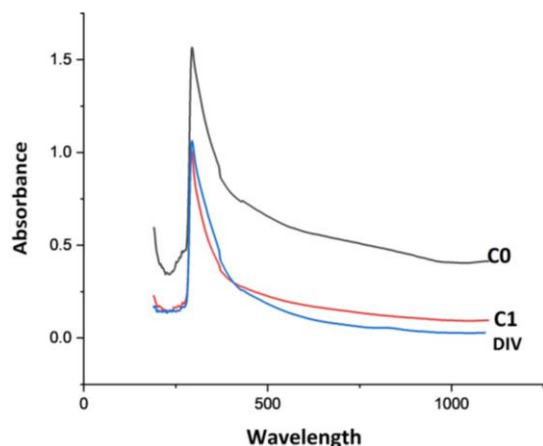


Figure 4. UV-Vis spectra of wastewaters

C0: Control, C1: Centrifuged Control, DIV: 360 Watt and 60 Second MW irradiated

4. Conclusions

The physicochemical properties (pH, EC, TDS, ORP) of paper recycling wastewater appeared to change some level by MW treatments. However, the experimental results suggested that MW irradiation found to be a considerable impact on turbidity removal, which was positively correlated with all MW treatment conditions. The highest turbidity removal (86.2%) was found with sample DIV. The UV/VIS spectrometer also evidenced degradation of organic matter occurred with MW treatments. It may break the surrounding molecules by MW irradiation and lead to wastewater clarification.

The choice of process plays a major role in pollutant removal. The different technologies have been developed for wastewater treatment. Of these technologies, centrifugation and coagulation are considered two of the most widely used processes employed for the removal of turbidity, and some other effluents. The natural coagulants have offered many advantages over chemical coagulants, especially biodegradability, cost savings, lower risks to the environment, require multi-stage process variables. Although MW has been utilized for many different industries as process aid and heating purposes, there has not been found to be evaluated for treatment of wastewater from paper recycling. From the above results, it may be suggested that MW irradiation is suitable for paper recycling wastewater treatment.

References

- Annadurai, G., Juang, R.S., Lee D.J., 2002. Use of cellulose-based waste for adsorption of dyes from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials*, B92: 263-274.
- Bazrafshan, E., Kord Mostafapour, F., 2013. Evaluation of color removal of Methylene blue from aqueous solutions using plant stem ash of *Persica*. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences*, 4(4): 523-532.
- Çevik, M., 2021. Investigation of the changes in electrical conductivity values and rheological properties of poppy flower syrup (Turkish), abstract in English. *Gıda*, 46(4): 992-1001.
- Chandegara, V.K., Varshney, A.K., 2014. Effect of centrifuge speed on gel extraction from aloe vera leaves. *Journal of Food Processing & Technology*, 5: 1-6.
- Choy, S.Y., Prasad, K.N., Wu, T.Y., Raghunandan, M.E., Ramanan, R.N., 2016. Performance of conventional starches as natural coagulants for turbidity removal. *Ecological Engineering*, 94: 352-364.
- Huang, L., Logan, B.E., 2008. Electricity generation and treatment of paper recycling wastewater using a microbial fuel cell. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 80(2): 349-355.
- Hubbe, M. A., Metts, J.R., Hermosilla, D., Blanco, M.A., Yerushalmi, L., Haghghat, F., Lindholm-Lehto, P., Khodaparast, Z., Kamali, M., Elliot, A., 2016. Wastewater treatment and reclamation: A review of pulp and paper industry practices and opportunities. *BioResources*, 11(3): 7953-8091.
- Izadi, A., Hosseini, M., Najafpour Darzi, G., Nabi Bidhendi, G., Pajoum Shariati, F., 2018. Treatment of paper-recycling wastewater by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 16(2): 257-264.
- Janoš, P., Coskun, S., Pilařová, V., Rejnek, J., 2009. Removal of basic (Methylene Blue) and acid (Egacid Orange) dyes from waters by sorption on chemically treated wood shavings. *Bioresource Technology*, 100(3): 1450-1453.
- Kamali, M., Khodaparast, Z., 2015. Review on recent developments on pulp and paper mill wastewater treatment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 114: 326-342.
- Kaškonienė, V., Venskutonis, P.R., Čeksterytė, V., 2010. Carbohydrate composition and electrical conductivity of different origin honeys from Lithuania. *LWT-Food Science and Technology*, 43(5): 801-807.
- Kim, C., Hung, Y.C., Brackett, R.E., 2000. Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food-related pathogens. *Journal of Food Protection*, 63(1): 19-24.
- Majekodunmi, S.O., 2015. A review on centrifugation in the pharmaceutical industry. *American Journal of Biomedical Engineering*, 5(2): 67-78.
- Nasser, M.S., Twaiq, F.A., Onaizi, S.A., 2013. Effect of polyelectrolytes on the degree of flocculation of papermaking suspensions. *Separation and Purification Technology*, 103: 43-52.
- Orsat, V., Raghavan, V., Meda, V., 2005. Microwave technology for food processing: an overview. *The Microwave Processing of Foods*, 105-118.
- Ozcelik, G., Sahin, H.T., 2021. A study on microwave exposure effects on surface coating properties of linden (*Tilia cordata*) and spruce (*Picea abies*) woods. *Journal of Applied Life Sciences International*, 24(5): 19-29.
- Ozkan, U., Bayram, O., Göde, F., Coskun, S., Sahin, H.T., 2023. Application of response surface methodology (rsm) for optimizing turbidity of paper recycling wastewater using microwave technology. *Asian Journal of Applied Chemistry Research*, 13(1): 13-22.
- Pokhrel, D., Viraraghavan, T., 2004. Treatment of pulp and paper mill wastewater: a review. *Science of The Total Environment*, 333(1-3): 37-58.
- Remya, N., Lin, J.G., 2011. Current status of microwave application in wastewater treatment - A review. *Chemical Engineering Journal*, 166(3): 797-813.
- Toczyłowska-Mamińska, R., 2017. Limits and perspectives of pulp and paper industry wastewater treatment- A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78: 764-772.
- TS EN ISO (7027). Su kalitesi - Bulanıklık tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Valix, M., Cheung, W.H., McKay, G., 2004. Preparation of activated carbon using low temperature carbonisation and physical activation of high ash raw bagasse for acid dye adsorption. *Chemosphere*, 56(5): 493-501.
- Wang, N., Wang, P., 2016. Study and application status of microwave in organic wastewater treatment - A review. *Chemical Engineering Journal*, 283:193-214.
- Wei, R., Wang, P., Zhang, G., Wang, N., Zheng, T., 2020. Microwave-responsive catalysts for wastewater treatment: A review. *Chemical Engineering Journal*, 382: 122781.
- Zedan, T., Mossad, M., Fouad, M., Mahanna, H., 2022. Potential application of natural coagulant extraction from walnut seeds for water turbidity removal. *Water Practice & Technology*, 17(3): 684-698.

Aralama çalışması sonrasında elde edilen kayın odunlarının ve kupulasının odun plastik kompozit (OPK) üretiminde değerlendirilmesi

Mücahit Şahin^a , İbrahim Halil Başboğa^{b,*} 

Özet: Bu çalışma kapsamında aralama çalışması sonucunda yakacak odun sınıfında bulunan kayın odunlarının ve kayın kupulalarının odun plastik kompozit (OPK) üretiminde dolgu maddesi olarak değerlendirilmesinin üretilecek olan kompozitlerin teknolojik özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda 2 farklı dolgu maddesi kullanım oranı (%0 veya %50) ve 3 farklı tipte lignoselülozik dolgu maddesi kullanımı (%50kayın, %25kayın+%25kupula veya %50 kupula) ile polipropilen (PP) bazlı OPK üretimleri gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra 2 farklı oranda (%0 ve %3) maleik anhidrit aşılanmış polipropilen (MAPP) uyumlaştırıcı ajan olarak kullanılmış ve MAPP kullanımının etkileri incelenmiştir. Üretilen OPKların mekanik (çekme direnci, kopmada uzama, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve darbe direnci) ve fiziksel (yoğunluk ve sertlik) özellikleri ilgili standartlara uygun olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde lignoselülozik dolgu maddelerini kendi içerisinde karşılaştırıldığında kayın odunlarının kullanımı ile en yüksek mekanik özelliklerin elde edildiği, kupula odunlarının kompozit malzemelerin içerisine eklenmesi ile mekanik direnç özelliklerinin negatif etkilendiği ve kupula kullanım oranının artması ile mekanik özelliklerinde negatif yönde etkilenmesinin arttığı görülmüştür. Genel olarak MAPP kullanımı üretilen OPKların mekanik özelliklerini iyileştirmiştir. Sadece kayın odunlarının MAPP ile birlikte kullanılması ile üretilen Kompozit gruplarında kopmada uzama özelliği hariç tüm mekanik özelliklerde en yüksek değerler elde edilmiş ve kontrol grubuna nazaran belirgin artışlar gözlemlenmiştir. Çalışma neticesinde kayın odunları ve kupula odunlarının dolgu maddesi olarak kullanıldığı PP-bazlı OPK üretimleri başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Kayın odunlarının tek başına, kupulalarının ise kayın odunları ile birlikte ve %25 oranından daha az kullanılması ile daha iyi performans yakalanacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: OPK, MAPP, *Fagus orientalis*, Kayın kupulası, Aralama çalışması

Utilization of beech wood flours obtained after thinning and beech cupula in wood plastic composite (WPC) production

Abstract: This study aims to determine the effects of the evaluation of beech woods obtained from thinning, which are in the firewood class, and also beech cupulas as a filler in the manufacturing of wood plastic composite (WPC) on the technological properties of the composites. For this purpose, polypropylene (PP) based WPC production was carried out with the usage of 2 different fillers rate (0 or 50%) and three different types of lignocellulosic fillers (50% beech, 25% beech + 25% cupula or 50% cupula). In addition, maleic anhydride grafted polypropylene (MAPP) in 2 different ratios (0% and 3%) was used as a compatibilizing agent and the effects of MAPP usage were investigated. The mechanical (tensile strength, elongation at break, flexural strength, modulus of elasticity and impact strength) and physical (density and hardness) properties of the produced WPCs were determined in accordance with the relevant standards. As a result, when the lignocellulosic fillers were compared within themselves, it was seen that the highest mechanical properties were obtained with the usage of beech wood flour. The mechanical strength properties were negatively affected by the addition of cupula flours into the composite materials, and the mechanical properties were negatively affected by the increase in the cupula rates. Generally, the usage of MAPP has improved the mechanical properties of the WPCs. In Composite groups produced by using only beech wood flour together with MAPP, the highest values were obtained in all mechanical properties except elongation at break, and significant increases were observed compared to the control group. As a result of the study, PP-based WPC productions, in which beech wood flours and cupula flours are used as fillers, have been successfully carried out. It is thought that better performance will be achieved when beech wood flours are used alone or their cupulas are used together with beech wood flours and less than 25%.

Keywords: WPC, MAPP, Oriental beech, Beech cupula, Thinning

1. Giriş

Kullanım amacına uygun olarak istenilen nitelikleri kazandırmak için iki veya daha fazla malzemenin farklı üretim metotları ile bir araya getirilerek elde edilen yeni malzemelere kompozit malzemeler denilmektedir. Matris

içerisinde odun veya farklı lignoselülozik malzemelerin dolgu maddesi olarak kullanılması ile üretilen kompozitlere ise Odun Plastik Kompozitleri (OPK) denilmektedir. Bu lignoselülozik dolgu maddelerinin kompozit üretiminde kullanılmasını cazip haline getiren belli başlı özelliklerinden bazıları; yoğunluğunun düşük olması, maliyetinin diğer

✉ ^a Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İleri Teknolojiler Anabilim Dalı, Kütahya, Türkiye

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

✉ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): ibrahim.basboga@btu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 19.01.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 15.05.2023



Citation (Atıf): Şahin, M., Başboğa, İ.H., 2023. Aralama çalışması sonrasında elde edilen kayın odunlarının ve kupulasının odun plastik kompozit (OPK) üretiminde değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 139-149. DOI: [10.18182/tjf.1239103](https://doi.org/10.18182/tjf.1239103)

dolgu maddelerine nazaan daha ucuz olması, doğada ve üretim atıkları olarak bol miktarlarda bulunmaları, doğada kolayca bozunabilmeleri, vb. olarak sıralanabilir (Mengeloğlu ve Karakuş, 2008).

Nüfusun artması ile birlikte altarnetif malzemelere olan ilgi ve özellikle kompozit malzemelere olan ilgi son yirmi yıl içerisinde giderek artmaktadır. Yapılan araştırmalara göre 2012 yılı içerisinde toplam 352.000 ton lignoselülozik dolgu maddelerinin kullanımı ile üretilen odun-plastik ve doğal-lif kompozitlerin üretimi gerçekleştirilmiştir ve bu malzemelere olan ilgi giderek arttığı belirtilmiştir (Carus vd., 2015). Ayrıca yapılan araştırmalarda bu büyümenin 2021-2030 yılları arasında giderek artacağı öngörülmektedir (Johnson, 2020). Literatürde birçok ağaç türünün odun unları ve atıkları, zirai atıklar ve birçok lignoselülozik malzemenin OPK üretiminde değerlendirildiği çalışmalar söz konusudur (Mrowka vd., 2021; Başboğa vd., 2020; Taşdemir vd., 2020; Mengeloğlu vd., 2019; Boran vd., 2019; Acar, 2014; Avcı, 2012; Matuana vd., 2011; Dönmez Çavdar, 2011; Karakuş, 2008; Mengeloğlu ve Kabakci, 2008). Bu çalışmalarda konuya olan ilginin boyutunun nedenli büyük olduğunu göstermektedir.

Türkiye’de *Fagaceae* familyasına dahil olan 2 cins kayın vardır. Bunlar Doğu Kayını (*F. orientalis* Lipsky.) ve Avrupa Kayını’dır (*F. silvatica* L.) ve avrupa kayınına nazaran Doğu Kayını ülkemizde daha geniş bir yayılış alanına sahiptir (Ormancılık Arştırma Enstitüsü, 1985). Kayın türlerinde sürgünden gençleşme yaygın görülmektedir. Kütahya Altıntaş orman işletme müdürlüğü bölgesinde kayında baltalık işletmesi (kökten sürgün gelme ya da kökten patlama) sona erdirilip koruya dönüştürme çalışmaları (tohumdan gençliğin gelmesi) yapılmaktadır. Kayında boy 15m ye geçtiğinde istikbal fertler (uzun ömürlü bireyler) sahada bırakılmakta ve ona engel olan kök çürütmesi yapmış ya da mantarlı hastalıklı yada gelişmemiş bireyler ayıklanarak sterlenir bu sterlenen ürünler fabrika satışı yada halka yakacak olarak temin edilmektedir. Kayın ormanlarında biyolojisine hakim olunması için en uygun aralama şekli yüksek aralamadır. Yapılan bir çalışmada kayın ağaçları için şiddetli aralama müdahalesi yapılması neticesinde en yüksek ortalama gövde kütlesi artımı olduğu raporlanmıştır. Bunun aksine ise en düşük ortalama gövde kütlesi artımının ise aralama müdahalesinin uygulanmadığı sahalarda olduğu belirtilmiştir (Kayhan Saygılı, 2011). Bunun yanı sıra kayın tohumlarının yetiştirilmesi ve korunması için kupula denilen dikensi bir çanak yardımcı olmaktadır. Kayın tohumları ekim ayının başından başlayarak kasımın ilk haftasına kadar ağacında kupula açılarak tohumlarını atar, kayın kupulası tohumlarını attıktan sonra kısa süre içinde

toprağa düşmektedir. Bu kupulalar atık olarak ormanda bırakılmaktadır.

Aralama çalışmaları sağlıklı Kayın ormanlarının oluşması için elzem bir durumdur. Aralama çalışması neticesinde elde edilen bu yakacak sınıfı ürünlerin ve ormanda atık olarak bırakılan kayın kupularının katma değeri yüksek nihai ürünlere dönüştürülmesi ülke ekonomisine de katkı sağlayacaktır. Bu amaç doğrultusunda bu çalışmada aralama sonucu elde edilen kayın odun unlarının ve kupula unlarının odun plastik kompozit üretiminde kullanım olanakları araştırılmıştır. Üretilen OPKların mekanik ve fiziksel özellikleri ilgili standartlara uygun olarak belirlenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında kullanılan Doğu Kayını (*Fagus orientalis*) odunları ve kupulası Kütahya ilinin Altıntaş ilçesinin saraycık köyüne bağlı Altıntaş orman işletme müdürlüğünün oğuzlar şefliğine bağlı 197 nolu bölgesinde yer alan Knbc3-1 bölmeciğinin içinden alınmıştır. Aralama çalışması sonucunda elde edilen kayın odunları 1500-1800 m arası yükseltilerden tedarik edilmiştir. Kayın kupulaları da aynı bölge içerisinde temin edilmiştir. Polimer matris olarak İzmir’in Aliğa ilçesinde faaliyet gösteren Petkim Firmasının satın alma yolu ile temin edilen EH-102 kodlu Polipropilen (PP) kullanılmıştır. Kullanılan EH-102 kodlu Polipropilen (PP)’nin genel özellikleri aşağıda ki Çizelge 1’de verilmiştir.

Hidrofobik olan polimer matris ile hidrofilik olan lignoselülozik dolgu maddesi arasında ki arayüz etkileşimini arttırmak amacıyla uyumlaştırıcı olarak maleik anhidrit polipropilen (MAPP) (Licomont AR 504 by Clariant), yağlayıcı olarak ise parafin-vaks kullanılmıştır. MAPP’ın ve parafin-vaks’ın genel özellikleri aşağıdaki Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Polipropilen (PP)’e ait genel özellikler

Özellikler	Değerler	İlgili standart
MFI (230°C’de 2,16 Kg)	11 g/10 min.	ASTM D1238
Yoğunluk (23°C)	0,905 g/cm ³	ASTM D1505
Akmada gerilme dayanımı	35 MPa	ASTM D638
Erime noktası (DSC)	163 °C	ASTM D3417
Deformasyon sıcaklığı	113 °C	ASTM D648
İzod Çentikli Darbe (23 °C’de)	20 J/m	ASTM D256
Rockwell sertliği	96 R-scale	ASTM D785
Bükülme modülü	1450 MPa	TS EN ISO 178

Çizelge 2. Uyumlaştırıcının ve yağlayıcının genel özellikleri

Özellikler	Licomont AR 504 (MAPP)	Özellikler	Değer
Görünüş	Sarımsı ince taneli	Ticari Adı	Parafin-vaks
Yumuşama Noktası	156°C	Görünüş	Beyaz Toz
Asit Değeri	41 mg KOH/g	Kimyasal Formülü	C18H38
23°C’de Yoğunluk	0,91 g/cm ³	Yumuşama Noktası	56-58 °C
140°C’ de Viskozite	800 mPa.s	Yoğunluk (23°C)	0,93 g/cm ³

2.2. Yöntem

Bu çalışma kapsamında odun plastik kompozit (OPK) üretimi; ekstruder yardımıyla pellet (boncuk) üretilmesi ve enjeksiyon kalıplama yöntemi kullanılarak OPK test örneklerinin üretilmesi olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Aralama sonucunda elde edilen ve yakacak odun sınıfında yer alan kayın odunları öncelikle şerit testere yardımıyla ufak parçacıklar haline getirilmiştir. Ufak odun parçacıkları haline getirilen kayın odunları ve kayın kupulaları Wiley değirmeni yardımıyla un haline getirilmiştir. OPK'ların performansları üzerinde dolgu maddelerinin boyutlarının etkili olması sebebiyle odun unları ve kayın kupula unları sarsak elek yardımıyla sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Çalışma kapsamında 40 mesh (%51,11), 60 mesh (%40) ve 80 mesh (%8,89) eleklerin üzerinde kalan odun unları kullanılmıştır. Elde edilen odun unları etüvde 103 ± 2 °C sıcaklıkta ve tam kuru hale gelecek şekilde kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

2.2.1. OPK üretimi

Çalışma kapsamında üretilecek olan OPKların üretim reçetesi Çizelge 3'te verilmiştir.

Çalışmaya ait üretim reçetesi Çizelge 3'te sunulmuştur. Çizelge 3'teki üretim reçetesine uygun olarak; Polipropilen (PP), lignoselülozik unlar, MAPP ve Wax yüksek devirli bir karıştırıcı içerisinde homojen bir karışım haline getirilmiştir. Kullanılacak tüm malzemelerin katılım oranları toplam üretim üzerinden hesaplanmıştır ve sadece yağlayıcı olarak kullanılacak olan parafin-wax toplam üretime ilaveten %3 olacak şekilde kullanılmıştır. Yüksek devirli karıştırıcıda elde edilen homojen karışımlar laboratuvar tipi tek burgulu bir ekstruder (Şekil 1) içerisinde eritmek suretiyle karıştırılmıştır. Ekstruderin vida hızı 60 rpm ve sıcaklık ayarları beslemeden kompozitlerin çıkışına doğru 195-190-185-180-180 °C olacak şekilde 5 farklı ıstma bölgesi olarak ayarlanmıştır.

Ekstruderden çıkan eriyik halinde ki karışımlar soğuk su içerisinde soğutulduktan sonra kırıcı makinesi yardımıyla küçük peletler haline getirilmiştir. Pelet haline getirilen kompozit karışımları 103 °C (± 2) de tam kuru hale gelene kadar kurutulmuştur. Enjeksiyon kalıplama öncesinde tüm örnek gruplarının rutubetleri rutubet ölçer yardımıyla belirlenmiş ve sıfır olduktan sonra örnek basımı yapılmıştır. Kurutma işlemine tabi tutulan ve rutubetleri sıfır olan peletlerden Şekil 2'de gösterilen HAIDA marka plastik enjeksiyon kalıp makinası yardımıyla OPK örnekleri üretilmektedir. Enjeksiyon sıcaklığı 180-190-200 °C, basıncı 102 kg/cm², enjeksiyon hızı 80 mm/s, vida hızı 40 rpm ve soğutma süresi 30s olacak şekilde örnekler basılmıştır. Basılan örnekler 24 saat süre ile iklimlendirme kabininde 20 ± 2 °C sıcaklıkta ve $\%65\pm 5$ bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir.

Çizelge 3. PP Bazlı OPKların üretim reçetesi

Örnek kodu	PP (%)	Kayın Unu (%)	Kupula Unu (%)	MAPP (%)	Wax (%)
Kontrol	100	0	0	0	3
KM	97	0	0	3	3
K50P0	50	50	0	0	3
K50P0M	47	50	0	3	3
K25P25	50	25	25	0	3
K25P25M	47	25	25	3	3
K0P50	50	0	50	0	3
K0P50M	47	0	50	3	3



Şekil 1. Laboratuvar tipi tek burgulu ekstruder



Şekil 2. HAIDA marka enjeksiyon kalıplama makinesi

2.2.2. Üretilen OPKların test edilmesi

Klimatize edilen kompozit örneklerin yoğunluk değerleri kaldırma metodu yöntemi ile ASTM D792 (2008) standardına uygun olarak belirlenmiştir. Yoğunluk değerleri belirlenirken yardımcı sıvı olarak saf su kullanılmıştır. 20mm X 20mm X 4mm boyutlarında ki test numunelerinin önce havada ki ağırlıkları ve yoğunluğu belli olan saf su içerisinde ki ağırlıklarının belirlenmesi ile denklem 1 deki formülden yola çıkılarak Precisa marka hassas terazi yardımıyla belirlenmiştir.

$$p = A/(A-B) * (p_0 - p_L) + p_L \quad (1)$$

p=Numunenin yoğunluğu, A=Numunenin havadaki ağırlığı, B=Numunenin yardımcı sıvıdaki ağırlığı, p₀=Yardımcı sıvının yoğunluğu, p_L=Havanın yoğunluğu

Klimatize edilen OPKların mekanik özellikleri "Kompozit Malzemelerin Test Edilmesi için kullanılan Amerikan Standartları (ASTM)"na uygun olarak belirlenmiştir. Termoplastik kompozitlerin çekme direnci, kopmada uzama miktarı (ASTM D 638), eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü (ASTM D 790) ve çentikli darbe direnci (ASTM D 256) özellikleri ilgili standarda uygun olarak belirlenmiştir. Eğilme direnci testleri esnasında

standarda uygun olarak dayanaklar arasındaki açıklık 80 mm ve test hızı 2 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Çekme direnci testleri için ise test hızı 5 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci ve çekme direnci testleri Zwick/Roell Z010 Universal Test Makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3-a), çentikli numuneler üzerinde darbe direnci değerleri ise Zwick™ HIT5,5P darbe direnci test cihazı (Şekil 3-b) yardımıyla belirlenmiştir. Darbe direnci örnekleri üzerine çentikler RayRan™'in Polytest çentik açma kesicisi kullanılarak açılmıştır (Şekil 3-c).

OPKların sertlik özellikleri ENPQIX EHS5D Durometer (Shore D) (Polygon Co., Shenzhen, China) yardımıyla ASTM D2240'a göre belirlenmiştir (Şekil 4).

2.2.3. Veri analizi

Elde edilen verilerin Design-Expert® 7.0.3 (Stat-Ease, Inc., Minneapolis/USA) versiyonu kullanılarak istatistik analizleri gerçekleştirilmiştir. Dolgu maddelerin ve MAPP'ın

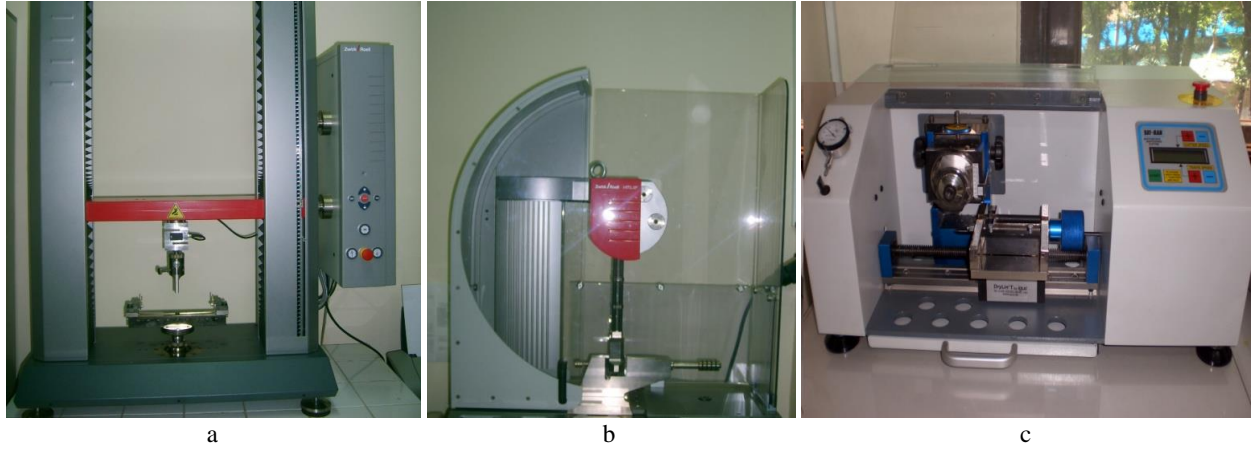
belirlenen teknolojik özellikler üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla çoklu varyans analizi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

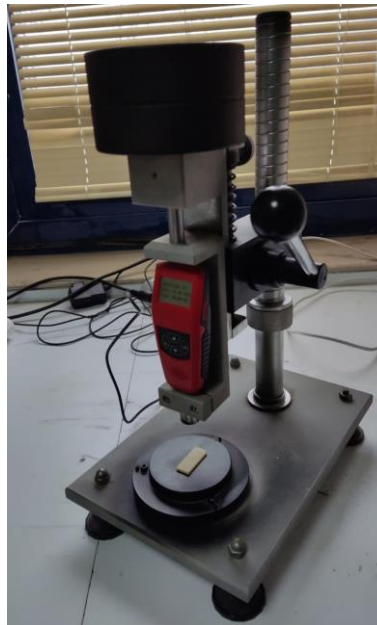
Kayın odun ve kupula unları takviyeli PP bazlı OPK üretimleri başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş ve üretilen numunelerin mekanik (çekme direnci, kopmada uzama, eğilme direnci, eğilmede elstatikiyet modülü, darbe direnci) ve fiziksel (yoğunluk, sertlik) özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4'te özetlenmiştir.

3.1. Yoğunluk değerleri

Lignoselülozik dolgu maddelerinin ve MAPP uyumlaştırıcı ajanının OPKların yoğunluk değerleri üzerine etkilerinin görüldüğü tüm gruplara ait etkileşim grafikleri Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 3. Universal test makineleri; a)Zwick/Roell Z010 Marka Üniversal test makinesi, b)Zwick™ HIT5,5P darbe direnci test cihazı, c) Polytest notching cutter by RayRan™

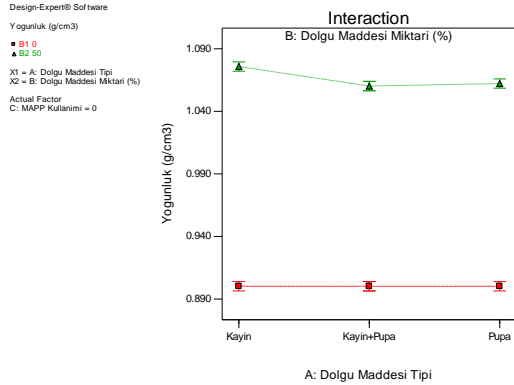


Şekil 4. ENPQIX EHS5D Durometer

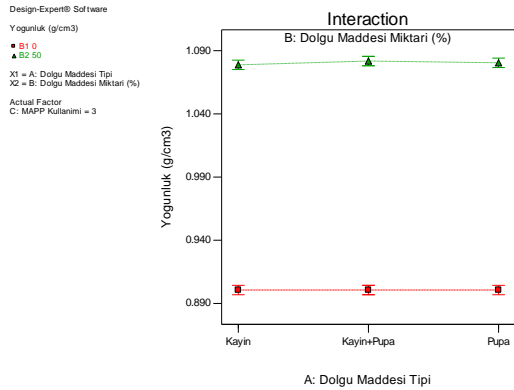
Çizelge 4. PP Bazlı OPKlara ait sonuçların özeti

Örnek kodu	Yoğunluk (g/cm ³)	Çekme direnci (MPa)	Kopmada uzama (%)	Eğilme direnci (MPa)	Eğilmede elastikiyet modülü (MPa)	Darbe direnci (kJ/m ²)	Sertlik (Shore D)
Kontrol	0,900 (0,004)	29,87 (0,85)*	27,96 (0,09)	42,76 (0,90)	1349,05 (48,47)	2,86 (0,47)	67,54 (0,91)
KM	0,901 (0,006)	30,56 (0,73)	27,75 (12,80)	41,78 (1,17)	1317,12 (64,96)	2,56 (0,31)	63,42 (1,94)
K50P0	1,076 (0,008)	24,06 (0,44)	3,34 (0,32)	49,97 (0,85)	3155,58 (75,63)	4,14 (0,10)	73,14 (1,86)
K50P0M	1,079 (0,007)	33,61 (0,06)	3,10 (0,14)	66,74 (0,79)	3896,29 (58,39)	4,14 (0,40)	77,08 (0,61)
K25P25	1,060 (0,006)	20,10 (0,25)	3,01 (0,13)	42,38 (0,62)	2647,42 (41,71)	3,60 (0,18)	75,30 (0,76)
K25P25M	1,082 (0,007)	30,53 (1,25)	3,19 (0,21)	58,78 (1,31)	3184,48 (95,76)	3,66 (0,32)	75,64 (2,05)
K0P50	1,062 (0,005)	17,73 (0,44)	3,05 (0,24)	37,47 (1,20)	2247,99 (79,82)	3,25 (0,35)	74,20 (1,89)
K0P50M	1,080 (0,007)	25,48 (0,92)	3,04 (0,15)	50,99 (0,99)	2683,52 (68,28)	2,71 (0,21)	76,30 (0,65)

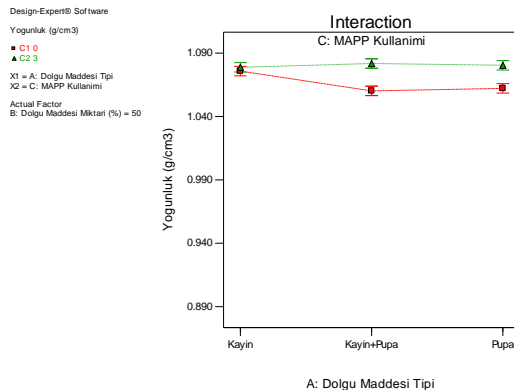
*Parantez içerisinde ki değerler standart sapma değerleridir.



a



b



c

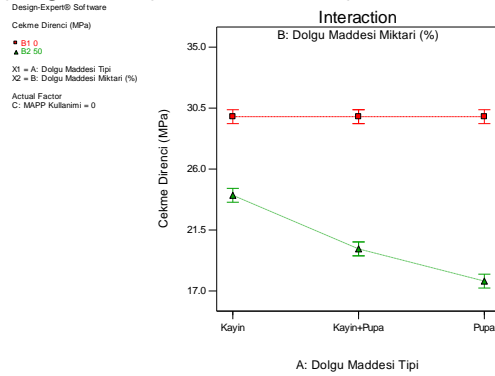
Şekil 5. OPK gruplarına ait yoğunluk etkileşim grafikleri; a) İçerisinde MAPP olmayan gruplara ait, b) İçerisinde %3 MAPP olan gruplara ait, c) İçerisinde %50 lignoselülozik dolgu maddesi olan gruplara ait

Lignoselülozik dolgu maddelerinin OPKların yoğunluk değerleri üzerine etkilerinin görüldüğü ve içerisinde MAPP olmayan gruplara ait etkileşim grafiği Şekil 5-a'da verilmiştir. Şekil 5-a'daki yoğunluk etkileşim grafiği incelendiğinde lignoselülozik dolgu maddesinin kullanılmasıyla birlikte üretilen OPKların yoğunluk değerlerinin arttığı görülmektedir. Yapılan istatistik analizler sonucunda dolgu maddesi miktarının üretilen OPKların yoğunluk değerleri üzerinde istatistik olarak önemli derecede etkisini olduğu belirlenmiştir ($P < 0,0001$). Bunun aksine kullanılan lignoselülozik dolgu maddesi tipinin ise yoğunluk değerleri üzerinde istatistik olarak önemli derecede etkisinin olmadığı görülmüştür ($P = 0,1684$). Lignoselülozik dolgu maddelerinin kullanımı ile üretilen kompozitlerin yoğunluk değerleri keskin bir şekilde artış göstermiştir. Bunun sebebi olarak kullanılan lignoselülozik dolgu malzemelerinin yoğunluğunun yüksek olmasının üretilen PP bazlı kompozitlerin yoğunluğunun artmasında sorumlu olduğu düşünülmektedir. Daha önce ki yapılan literatür çalışmalarında da lignoselülozik dolgu maddesinin kullanımı ile üretilen OPKların yoğunluğunun artırdığı raporlanmıştır (Steckel vd., 2007; Özdemir vd., 2013; Ramezani Kakroodi vd., 2013). Her ne kadar farklı dolgu maddesi kullanımı sırasında yoğunluk değerleri azalma eğilimi gösterse de belirlenen yoğunluk sonuçları birbirlerine yakın değerlerdir. İçerisinde dolgu maddesi içermeyen saf PP (Kontrol) grubu örneklerinin ortalama yoğunluk değerleri $0,900 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra kontrol grubuna nazaran sırasıyla K50P0, K25P25 ve K0P50 gruplarında %19,51, %17,77 ve %18,00 lik artışlar meydana gelmiştir. En yüksek ortalama yoğunluk değerleri sadece kayının dolgu maddesi olarak kullanıldığı K50P0 grubunda $1,076 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra K25P25 ve K0P50 gruplarında sırasıyla $1,060$ ve $1,062 \text{ g/cm}^3$ yoğunluk değerleri tespit edilmiştir.

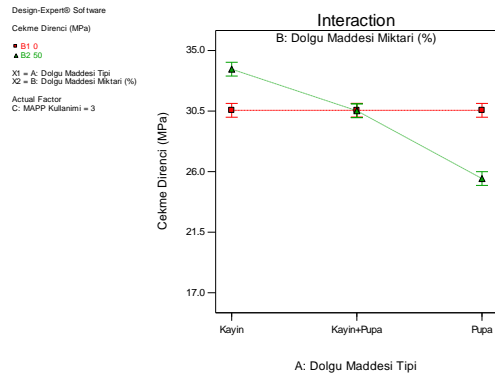
İçerisinde %3 MAPP'ın uyumlaştırıcı ajan olarak kullanıldığı OPK gruplarına ait yoğunluk etkileşim grafikleri ise Şekil 5-b'de sunulmuştur. MAPP içeren OPK gruplarına ait etkileşim grafikleri incelendiğinde MAPP içermeyen OPK gruplarına benzer olarak lignoselülozik dolgu maddesi kullanımı ile yoğunluk değerinin belirgin bir şekilde artış gösterdiği görülmektedir. MAPP kullanımının üretilen OPK gruplarının yoğunluk değerleri üzerinde istatistik olarak önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir ($P < 0,0001$). Lignoselülozik dolgu maddelerini içeren OPK gruplarında MAPP kullanılmayan grupların aksine kullanılan grupların yoğunluk değerleri hafifçe artış göstermiş ve dolgu maddesi tipi değişmesine rağmen yoğunluk değerleri birbirlerine çok yakın aralıkta olduğu görülmüştür. Tüm OPK grupları ele alındığında en yüksek yoğunluk değeri içerisinde %3 MAPP ve %25 Kayın %25 pupa unu içeren K25P25M grubunda $1,082 \text{ g/cm}^3$ olarak

belirlenmiştir. Kullanılan uyumlaştırıcı ajanın etkisinin daha belirgin şekilde görülmesi için içerisinde %50 lignoselülozik dolgu maddesi kullanılan OPK gruplarının MAPP içeren ve içermeyen gruplarına ait yoğunluk etkileşim grafikleri Şekil 5-c'de verilmiştir. Şekil 5-c'deki yoğunluk etkileşim grafiği incelendiğinde içerisinde %50 lignoselülozik dolgu maddesi içeren OPK gruplarının MAPP kullanımı ile yoğunluk değerlerinde belirgin bir artış olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra içerisinde MAPP kullanılmayan grupların yoğunluk değerlerinde sadece kayın ununun dolgu maddesi olarak kullanıldığı OPK gruplarına nazaran yoğunluk değerlerinin hafifçe azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca MAPP kullanım açısından bakıldığında kupula kullanımının yoğunluk değerlerini MAPP kullanılan gruplara nazaran hafifçe azlattığı belirlenmiştir.

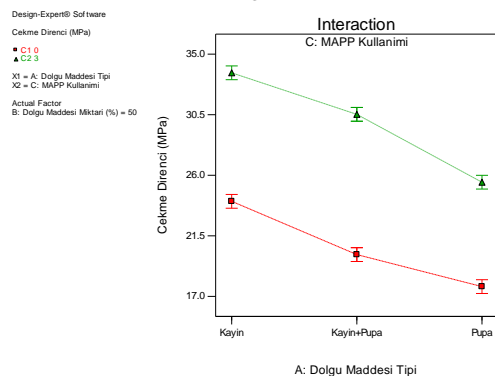
Üretilen OPKların çekme direnci özelliklerine ait etkileşim grafikleri Şekil 6'da sunulmuştur.



a



b

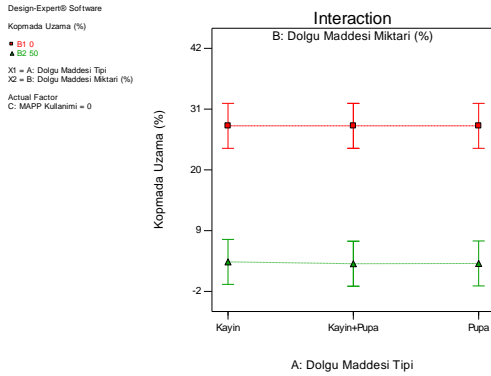


c

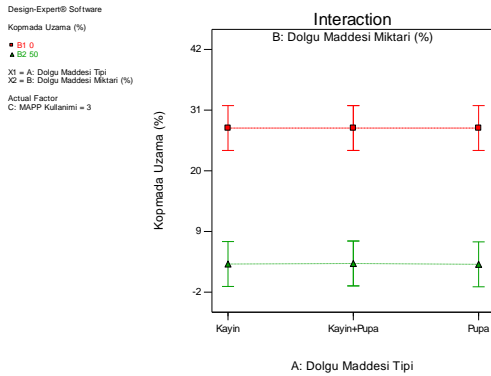
Şekil 6. OPK gruplarına ait çekme direnci etkileşim grafikleri; a) İçerisinde MAPP olmayan gruplara ait, b) İçerisinde %3 MAPP olan gruplara ait, c) İçerisinde %50 lignoselülozik dolgu maddesi olan gruplara ait

Şekil 6-a'daki etkileşim grafiği ele alındığında lignoselülozik dolgu maddelerinin kullanımı ile çekme direnci değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Özellikle kayın kupulasının kullanımı ile çekme direnci değerlerinde belirgin bir şekilde azalma meydana gelmiştir. Kupula kullanım miktarının artmasıyla en düşük çekme direnci değerleri elde edilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonucunda lignoselülozik dolgu maddesi kullanımının ve dolgu maddesi tipinin üretilen OPKların çekme direnci değerleri üzerine önemli derecede etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($P < 0,0001$). Çekme direncinin lignoselülozik dolgu maddelerinin eklenmesi ile önemli ölçüde azalmasının en önemli nedeninin hidrofobik polimer matris ile hidrofilik lignoselülozik dolgu maddeleri arasındaki uyumsuzluk olduğu düşünülmektedir (Balatincez ve Woodhams, 1993; Matuana ve Mengeloğlu, 2002). Hidrofobik polimer matris ile hidrofilik lignoselülozik dolgu maddesi arasındaki etkileşim eksikliği, OPKların en büyük sorunlarından biridir ve zayıf yapışmaya ve düşük özelliklere sebep olmaktadır. Bununla birlikte, bu sorunu ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için arayüzey etkileşimini etkileyen ve matris-lif yapışmasını iyileştiren maleik anhidrit aşılınmış polimerin (MAPP veya MAPE) kullanılması yaygın bir yaklaşımdır (Mengeloğlu ve Çavuş, 2019). MAPP ve MAPE'nin çalışma mekanizması ele alındığında MAPP/MAPE'nin maleatlı uçları, ahşap yüzeyindeki hidroksil grupları ile bir ester bağı oluşturur ve birleştirme maddesi ile ahşap dolgu maddesini birbirine bağlamaktadır. Yapıştırıldıktan sonra, erimiş termoplastik ile kaplanan lignoselülozik dolgu maddesi ve hidrofilik odun unu/lifi ile hidrofobik termoplastik arasında mekanik bir bağ oluşmaktadır (Kattas vd., 2000; Rowell 2006; Yang vd., 2007a). Araştırmacılar, dolgu maddesinin hidroksil grupları ile bağlayıcı ajanın hidrit karbonil grupları arasında oluşan ester bağlarının adezyon üzerinde önemli ölçüde iyileşme sağladığını belirtmiştir (Gassan ve Bledzki, 2000; Botros, 2003; Adusumalli vd., 2010; Mengeloğlu ve Çavuş, 2019). Hidrofobik polimer matris ile hidrofilik lignoselülozik dolgu maddelerinin ara yüzlerinde oluşan uyum probleminin azaltılması amacıyla çalışma kapsamında %3 oranında MAPP kullanılmıştır. Şekil 6-b'deki etkileşim grafiği incelendiğinde ise özellikle sadece kayın unlarının kullanıldığı K50P0M grubunda içerisinde sadece %3 MAPP olan saf polimer grubuna (KM) nazaran daha yüksek bir çekme direnci değeri elde edildiği görülmektedir. Bunun yanı sıra içerisinde %3 MAPP içeren KM grubunun çekme direnci değerlerinde içerisinde MAPP olmayan Kontrol grubuna göre çok hafif miktarda artış tespit edilmiştir. Şekil 6-b'deki etkileşim grafiği incelendiğinde içerisinde lignoselülozik dolgu maddesi olan tüm gruplarda MAPP kullanımı çekme direnci değerlerini önemli derecede arttırmıştır. Yapılan istatistik analiz sonucunda ise MAPP kullanımının çekme direnci değerleri üzerinde önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir ($P < 0,0001$). Kullanılan uyumlaştırıcı ajanın etkisinin daha belirgin şekilde görülmesi için içerisinde %50 lignoselülozik dolgu maddesi kullanılan OPK gruplarının MAPP içeren ve içermeyen gruplarına ait çekme direnci etkileşim grafikleri Şekil 6-c'de verilmiştir. Bahsi geçen etkileşim grafiği incelendiğinde MAPP kullanımının belirgin bir şekilde lignoselülozik dolgu maddesi takviyeli kompozitlerin çekme direnci değerlerini etkilediği ve kullanılmayan gruplara nazaran çekme direnci değerlerini arttırdığı belirlenmiştir.

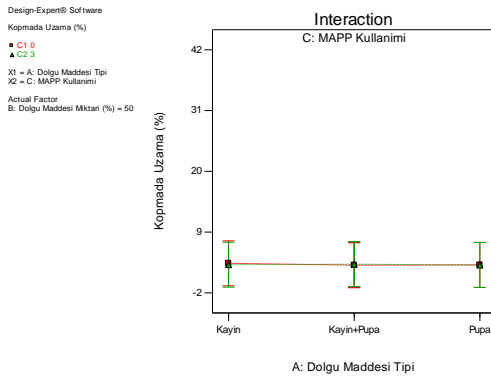
Üretilen OPKların kopmada uzama özelliklerine ait etkileşim grafikleri Şekil 7'de verilmiştir.



a



b

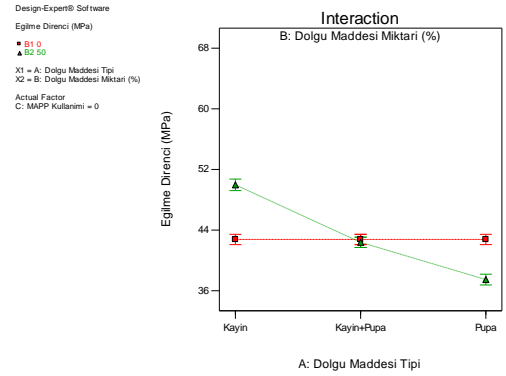


c

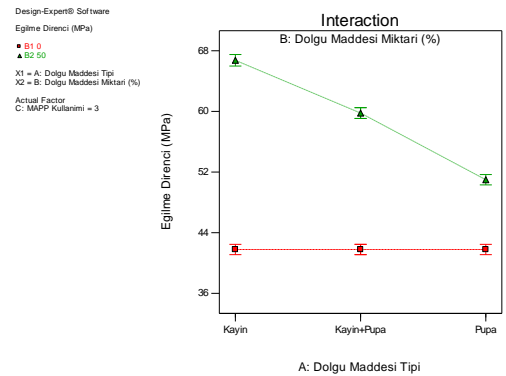
Şekil 7. OPK gruplarına ait kopmada uzama etkileşim grafikleri; a) İçerisinde MAPP olmayan gruplara ait, b) İçerisinde %3 MAPP olan gruplara ait, c) İçerisinde %50 lignoselülozik dolgu maddesi olan gruplara ait

Şekil 7'deki kopmada uzama etkileşim grafikleri ele alındığında lignoselülozik dolgu maddesinin kullanımı ile kopmada uzama değerleri belirgin bir şekilde azalmıştır. Dolgu maddesinin kullanımının üretilen OPKların kopmada uzama özellikleri üzerinde önemli derecede etkisinin olduğu görülmüştür ($P < 0,0001$). Bunun yanı sıra kullanılan dolgu maddesi tipinin ($P = 0,9991$) ve MAPP kullanımının ($P = 0,9411$) kopmada uzama özellikleri üzerinde önemli derecede etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Lignoselülozik dolgu maddesinin kullanımı ile polipropilan matrisin yumuşaklığı ve sünekliliği büyük ölçüde azalmıştır. Genellikle lignoselülozik dolgu maddesi içeren kompozitlerde artan elastikiyet modülü ile daha düşük kopmada uzama değerleri gözlenmiştir (Sain ve Panthapulakkal, 2006).

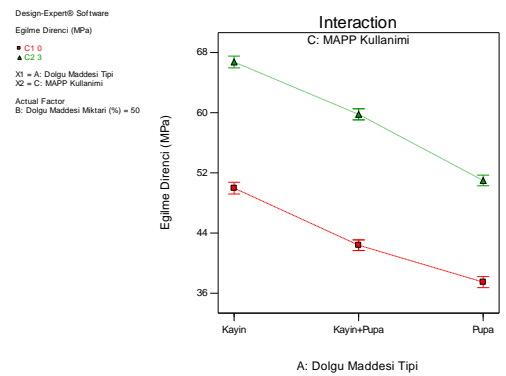
Üretilen OPKların eğilme direnci özelliklerine ait etkileşim grafikleri Şekil 8'de verilmiştir.



a



b



c

Şekil 8. OPK gruplarına ait eğilme direnci etkileşim grafikleri; a) İçerisinde MAPP olmayan gruplara ait, b) İçerisinde %3 MAPP olan gruplara ait, c) İçerisinde %50 lignoselülozik dolgu maddesi olan gruplara ait

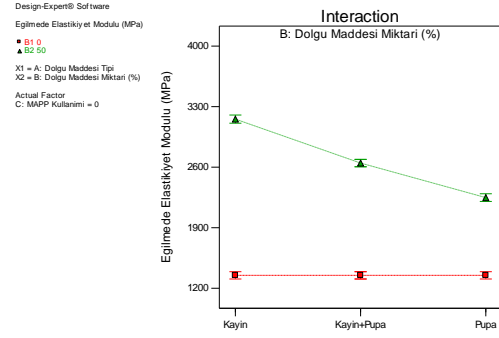
Şekil 8-a'daki MAPP kullanılmayan grupların eğilme direnci etkileşim grafiği incelendiğinde kayın odun unlarının kullanımı ile eğilme direnci değerlerinin artması söz konusu iken kayın kupula unlarının kullanımı ve kullanım miktarının artması ile eğilme direnci değerlerinin azaldığı görülmektedir. Yapılan istatistik analizler sonucunda lignoselülozik dolgu maddesinin kullanımının ve kullanım tipinin eğilme direnci özellikleri üzerinde önemli derecede etkisinin olduğu görülmüştür ($P < 0,0001$). MAPP kullanımıyla içerisinde lignoselülozik dolgu maddesi içeren OPK gruplarının eğilme direnci değerleri MAPP kullanılmayan gruplara ve kontrol gruplarına göre belirgin bir şekilde artmıştır. MAPP kullanımının üretilen OPKların eğilme direnci değerleri üzerinde önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir ($P < 0,0001$). Kullanılan uyumlaştırıcı

ajanın etkisinin daha belirgin şekilde görülmesi için içerisinde %50 lignoselülozik dolgu maddesi kullanılan OPK gruplarının MAPP içeren ve içermeyen gruplarına ait eğilme direnci etkileşim grafikleri Şekil 8-c'de verilmiştir. İlgili etkileşim grafiği incelendiğinde MAPP kullanımının lignoselülozik dolgu maddesi içeren OPK gruplarında ki eğilme direnci değerlerinin artışıdaki belirginlik keskin bir şekilde görülmektedir. En yüksek eğilme direnci değeri 66,74 MPa olarak K50P0M grubunda belirlenirken en düşük eğilme direnci değeri ise 37,47 MPa olarak K0P50 grubunda gözlemlenmiştir. Daha önceki çalışmalarda, farklı doğal liflerin polimer kompozitlerin seçilen özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmış ve lignoselülozik dolgu içeriğinin artmasıyla polimer kompozitlerin eğilme direnci değerlerinin arttığı bildirilmiştir (Yang vd., 2007b; Karmarkar vd., 2007; Yuan vd., 2008). Bulunan sonuçlar literatür ile benzerlik göstermektedir. Poliolefin bazlı plastik kereste döşeme tahtaları için ASTM D6662 standardında minimum eğilme direnci değeri 6,9 MPa (1.000 psi) olarak belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında üretilen tüm kompozitler standardın gereğinin çok üzerinde eğilme direnci değerleri (37,47-66,74 MPa) sağlamıştır.

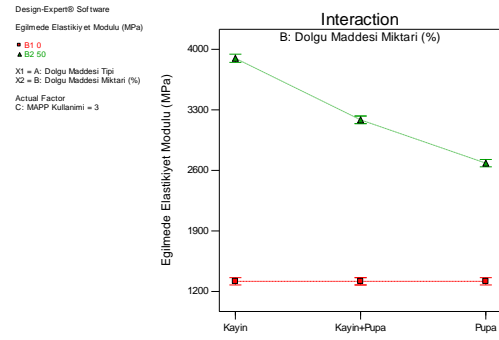
Üretilen OPKların eğilme elastikiyet modülü özelliklerine ait etkileşim grafikleri Şekil 9'da sunulmuştur.

Şekil 9-a ve Şekil 9-b'deki eğilme elastikiyet modülü etkileşim grafikleri incelendiğinde lignoselülozik dolgu maddesinin ve MAPP'ın kullanımıyla içerisinde dolgu maddesi olmayan kontrol gruplarına nazaran EEM değerlerinin arttığı görülmektedir. Bunun aksine kayın kupula unlarının kullanımı ve kullanım miktarının artması ile de EEM değerlerinde belirgin bir azalma tespit edilmiştir. İçerisinde %50 lignoselülozik dolgu maddesi olan grupların EEM değerlerine ait etkileşim grafikleri (Şekil 9-c) incelendiğinde lignoselülozik dolgu maddeleri ile birlikte MAPP kullanımının üretilen lignoselülozik dolgu maddesi takviyeli OPKların EEM değerleri üzerinde ki etkileri daha belirgin olarak gözlemlenmektedir. Her bir lignoselülozik dolgu madde kullanım tipi kendi içerisinde değerlendirildiğinde MAPP kullanımı ile birlikte kullanılmayan gruba göre daha iyi bir EEM değeri elde edildiği görülmüştür. Poliolefin bazlı plastik kereste döşeme tahtaları için ASTM D6662 standardında minimum EEM değeri 340 MPa (50,000 psi) olarak belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında üretilen tüm kompozit gruplarında standardın gereğinin çok üzerinde EEM değerleri (1317,12 MPa (KM)-3896,29 MPa (K50P0M)) elde edilmiştir.

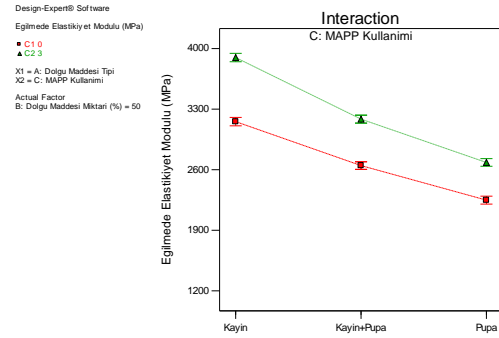
Üretilen OPKların darbe direnci özelliklerine ait etkileşim grafikleri Şekil 10'da sunulmuştur.



a

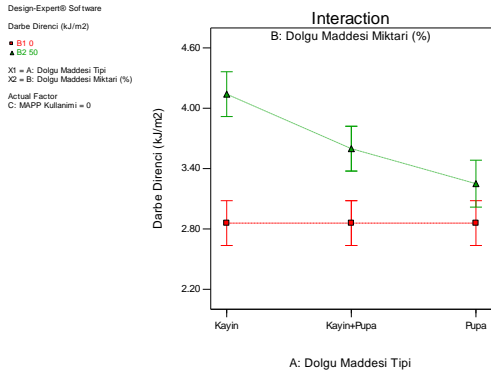


b

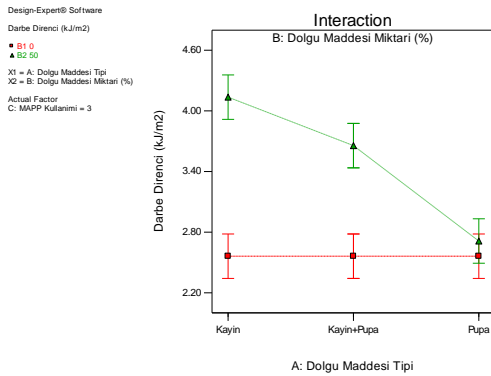


c

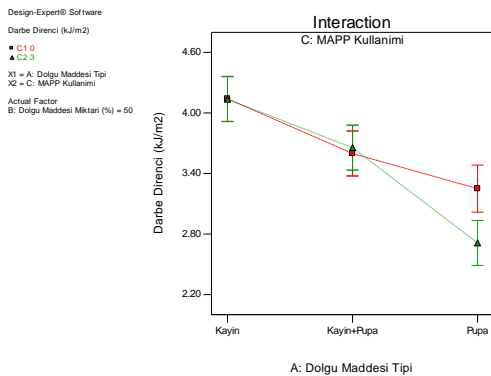
Şekil 9. OPK gruplarına ait eğilme elastikiyet modülü etkileşim grafikleri; a) İçerisinde MAPP olmayan gruplara ait, b) İçerisinde %3 MAPP olan gruplara ait, c) İçerisinde %50 lignoselülozik dolgu maddesi olan gruplara ait



a



b



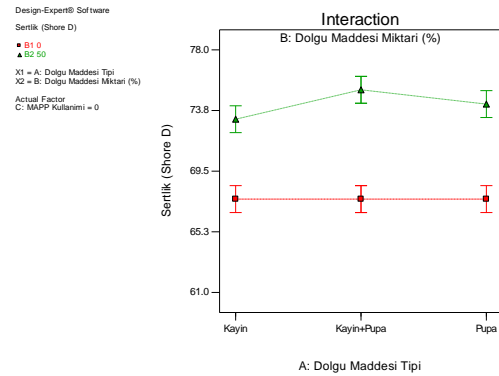
c

Şekil 10. OPK gruplarına ait darbe direnci etkileşim grafikleri; a) İçerisinde MAPP olmayan gruplara ait, b) İçerisinde %3 MAPP olan gruplara ait, c) İçerisinde %50 lignoselülozik dolgu maddesi olan gruplara ait

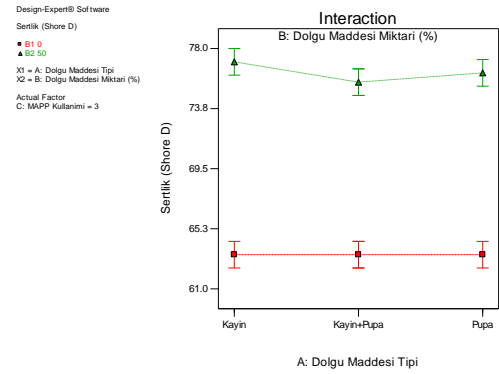
Darbe direnci özellikleri incelendiğinde lignoselülozik dolgu maddesinin kullanımı ve kullanım tipinin ($P < 0,0001$) ve ayrıca MAPP kullanımının ($P = 0,0171$) üretilen OPKların darbe direnci özellikleri üzerinde istatistik olarak önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir. Lignoselülozik dolgu maddesinin kullanımı ile saf polimer gruplarına göre daha yüksek darbe direnci değerleri elde edilmiştir. Literatürde lignoselülozik dolgu maddelerinin polipropilen bazlı kompozit üretiminde kullanıldığı çalışmalarda benzer sonuçlar raporlanmıştır (Stark ve Berger, 1997; Çavuş ve Mangeloğlu, 2017). Bunun yanı sıra her ne kadar kontrol gruplarından daha yüksek darbe direnci değerleri elde edilse dahi kupula unlarının kullanımıyla ve kullanım oranının artması ile darbe direnci özellikleri olumsuz etkilenmiştir. Lignoselülozik dolgu maddesi kullanılan OPK gruplarında en düşük darbe direnci değerleri sadece kupula unlarının dolgu

maddesi olarak kullanıldığı OPK gruplarında elde edilmiştir. MAPP kullanımı sırasında ise sadece kayın odun unlarının veya kayınodun unlarının kupula unları ile birlikte kullanıldığı gruplarda darbe direnci değerlerinde belirgin bir farklılık gözlemlenmesede, sadece kupula unlarının dolgu maddesi olarak kullanıldığı OPK gruplarında MAPP kullanımı ile Şekil 10-c'deki darbe direnci etkileşim grafiğinden de görüleceği üzere darbe direnci değerlerinde hafif bir azalma eğilimi oluşmuştur.

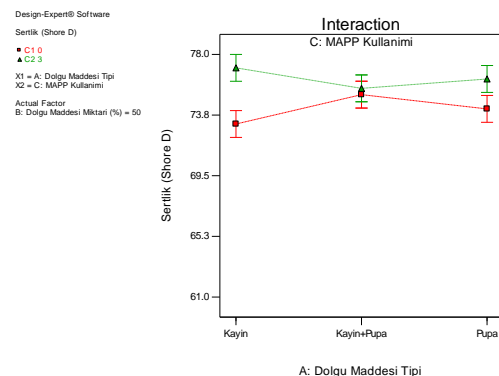
Üretilen OPKların sertlik değerlerine ait etkileşim grafikleri Şekil 11'de sunulmuştur.



a



b



c

Şekil 11. OPK gruplarına ait sertlik özellikleri etkileşim grafikleri; a) İçerisinde MAPP olmayan gruplara ait, b) İçerisinde %3 MAPP olan gruplara ait, c) İçerisinde %50 lignoselülozik dolgu maddesi olan gruplara ait

Üretilen OPKların sertlik özellikleri incelendiğinde polimer matris içerisine lignoselülozik dolgu maddesinin eklenmesi ile kompozit malzemelerin sertlik değerleri belirgin bir şekilde artmaktadır. Kupula kullanımı ile içerisinde MAPP olmayan kompozit grupların sertlik değerleri kayın kullanılan gruplara nazaran hafifçe daha yüksek olarak belirlenmiştir. Şekil 11-a'daki etkileşim grafiği incelendiğinde lignoselülozik dolgu maddesi kullanılan grupların sertlik değerlerinin bir birine yakın aralıklarda oldukları gözükmemektedir. Yapılan istatistik analiz sonucunda lignoselülozik dolgu maddesi tipinin üretilen kompozitlerin sertlik değerleri üzerinde önemli derecede etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($P=0,9466$). Bunun yanı sıra dolgu maddesi ($P<0,0001$) ve MAPP ($P=0,0136$) kullanımının ise üretilen OPKların sertlik özellikleri üzerinde önemli derecede etkili olduğu görülmüştür. Literatürde lignoselülozik dolgu maddesinin kullanımı ile termoplastik bazlı kompozit üretiminde sertlik değerlerinin arttığı benzer çalışmalar mevcuttur (Çavuş ve Mengeloğlu, 2017; Başboğa vd., 2020).

4. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında sürgünden gençleşme yaygın olan ve yakacak odun sınıfında olan doğu kayınlarının odunlarının ve kupulalarının odun plastik kompozit üretiminde değerlendirilmesi üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra uyumlaştırıcı ajan olarak MAPP kullanımının üretilen OPKların özellikleri üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışma kapsamında kayın odunu ve kupula unları takviyeli PP bazlı OPK üretimleri başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Üretilen OPKların mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde;

1. Üretilen OPKların yoğunluk değerleri lignoselülozik dolgu maddelerinin kullanımı ile keskin bir şekilde artmıştır. Lignoselülozik dolgu maddelerinin kullanıldığı kompozit gruplarında birbirine yakın yoğunluk değeri belirlenmiştir ve kullanılan dolgu maddesi tipinin OPKların yoğunluk değerleri üzerinde önemli derecede etkisinin olmadığı görülmüştür.
2. Çekme direnci değerleri lignoselülozik dolgu maddelerinin kullanımı ile keskin bir şekilde azalırken, MAPP kullanımı ile çekme direnci değerleri artmıştır. Kupula unlarının kullanımı ile üretilen kompozit gruplarında kayın odunu kullanılan kompozit gruplarına göre daha düşük çekme direnci değerleri elde edilmiştir. Kupula kullanım miktarı arttıkça çekme direnci değerlerinde ki azalma eğilimi de artmıştır.
3. Eğilme özellikleri ele alındığında kayın odunu unları kullanımı ile en iyi eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir. MAPP kullanımı eğilme özelliklerini iyileştirirken, kupula unlarının kullanımı ise kayın unlarının kullanımına göre eğilme özelliklerini negatif etkilemiştir. En iyi sonuçları kayın odunu unlarının ve MAPP'ın birlikte kullanıldığı K50P0M gruplarında elde edilmiştir.
4. Genel olarak MAPP kullanımı üretilen OPKların mekanik özelliklerini iyileştirmiştir.
5. Lignoselülozik dolgu maddelerinin kendi içerisinde karşılaştırmak gerekirse kayın odunu unlarının kullanımı ile en yüksek mekanik özelliklerin elde edildiğini, kupula unlarının kompozit malzemelerin içerisine eklenmesi ile mekanik direnç özelliklerinin negatif etkilendiği ve

kupula kullanım oranının artması ile mekanik özelliklerinde negatif yönde etkilenmesinin arttığı görülmüştür.

Sonuç olarak yakacak sınıfında ki kayın odunlarının ve kayın kupulalarının odun plastik kompozit üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılabilmesini söylemek mümkündür. Fakat özellikle kayın odunlarının MAPP ile kullanımı sırasında saf gruplara ve kupula kullanılan gruplara nazaran daha iyi mekanik direnç değerleri elde edilirken, kupula kullanımı bazı mekanik özelliklerde negatif yönde bir etkileşim oluşturmuştur. Bu problem MAPP kullanımını ile bir nebze giderilmektedir. Bunun yanı sıra kayın kupula unlarının daha düşük oranlarda ve kayın odunu unları ile birlikte kullanılması direnç değerlerin standartta istenilen değerlerin üzerinde sonuçlar göstereceği ve dolayısıyla bu atıkların ormanda bırakılmak yerine katma değeri yüksek OPK üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılması uygun olabileceği kanaati oluşmuştur. Yapılacak sonra ki çalışmalarda daha düşük oranlarda kupula unlarının daha yüksek kayın odunu unları ile birlikte çalışılması literatüre ışık tutacaktır.

Açıklama

Yazarlar Sayın Prof. Dr. Fatih Mengeloğlu'na ve laboratuvar ekibine bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı teşekkür etmektedirler.

Kaynaklar

- Acar, H., 2014. MDF tozu ve pirinç sapı atıklarının termoplastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Adusumalli, R.B., Weber, H.K., Roeder, T., Sixta, H. and Gindl, W., 2010. Evaluation of experimental parameters in the microbond test with regard to lyocell fibers. *J Reinf Plast Compos*, 29:2356–2367. <https://doi.org/10.1177/0731684409349929>
- ASTM D1238-10. 2013. Standard test method for melt flow rates of thermoplastics by extrusion plastometer. West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D1505-18. 2018. Standard test method for density of plastics by the density-gradient technique. West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D2240. 2017. Standard test method for rubber property-durometer hardness. West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D256. 2010. Standard test for determining the izod pendulum impact resistance of plastics. West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D3417-99. 2004. Standard test method for enthalpies of fusion and crystallization of polymers by differential scanning calorimetry (DSC). West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D638. 2010. Standard test for tensile properties of plastics. West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D648-18. 2018. Standard test method for deflection temperature of plastics under flexural load in the edgewise position. West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D6662. 2001. Standard Specification for Polyolefin-Based Plastic Lumber Decking Boards. West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D785-08. 2015. Standard test method for rockwell hardness of plastics and electrical insulating materials. West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D790. 2010. Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM D792. 2008. Standard test methods for density and specific gravity (relative density) of plastics by displacement. West Conshohocken, PA, USA.
- Avcı, E., 2012. Ahşap plastik kompozitlerin kullanım performansları üzerine araştırmalar. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Balatinecz, J.J., Woodhams, R.T., 1993. Wood-plastic composites, doing more with less. *Journal of Forestry*, 91(11): 22-26.
- Başboğa, İ.H., Atar, İ., Karakuş, K., Mengeloğlu, F., 2020. Determination of some technological properties of injection molded pulverized-hdpe based composites reinforced with micronized waste tire powder and red pine wood wastes. *Journal of Polymers and the Environment*, 28: 1776-1794. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01726-7>
- Boran Torun, S., Peşman, E., Dönmez Çavdar, A., 2019. Effect of alkali treatment on composites made from recycled polyethylene and chestnut cupula. *Polymer Composites*, 40(11): 4442-4451.
- Botros, M., 2003. The Effect of advanced maleic anhydride coupling agents on the performance of wood-plastic composites. *Proceedings of Wood-Plastic Composites Conference*, Vienna, Austria.
- Carus, M., Eder, A., Dammer, L., Korte, H., Scholz, L., Essel, R., Breitmayer, E. Barth, M., 2015. Biocomposites: 352,000 t of wood and natural fibre composites produced in the european union in 2012 – executive summary. *Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural Fibre Composites (NFC): European and Global Markets 2012 and Future Trends in Automotive and Construction*, Nova Institute, Hürth, Germany.
- Çavuş, V., Mengeloğlu, F., 2017. The effect of lignocellulosic filler types and concentrations on the mechanical properties of wood plastic composites produced with polypropylene having various melt flowing index (MFI). *Pamukkale Univ. Muh. Bilim Derg*, 23(8): 994-999.
- Dönmez Çavdar, A., 2011. Farklı lignoselülozik ve termoplastik maddelerle üretilen odun-plastik kompozitlerin özelliklerinin incelenmesi. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Gassan, J., Bledzki, A.K., 2000. Possibilities to improve the properties of natural fiber reinforced plastics by fiber modification - jute polypropylene composites. *Appl Compos Mater*, (7): 373-385. <https://doi.org/10.1023/A:1026542208108>
- Johnson, B., 2020. Wood plastic composite (WPC) market production values and generate revenue of USD 9953.8 million with a CAGR of 9.5% worldwide By 2030. *Apnews*, <https://apnews.com/press-release/wired-release/technology-business-virus-outbreak-corporate-news-diseases-and-conditions-600ee4b4fd2f0b7b0ce7de3214906333>, Accessed: 07.02.2022
- Karakuş, K., 2008. Üniversitemizdeki polietilen ve polipropilen atıkların polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Karmarkar, A., Chauhan, S.S., Modak, J.M., Chanda, M., 2007. Mechanical properties of wood-fiber reinforced polypropylene composites: Effect of a novel compatibilizer with isocyanate functional group. *Compos Part A Appl Sci Manuf*, (38): 227-233. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESA.2006.05.005>
- Kattas, L., Gastrock, F., Levin, I., Cacciatore, A., 2000. *Plastic Additives in Modern plastics handbook*. The McGraw-Hill Companies, USA.
- Kayhan Saygılı, E., 2011. Hopa Cankurtaran mevkii kayın meşcerelerinde farklı aralama derecelerinin büyüme ve biyokütle üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Matuana, L.M., Jin, S., Stark, N.M., 2011. Ultraviolet weathering of HDPE/wood-flour composites coextruded with a clear HDPE cap layer. *Polymer Degradation and Stability*, 96(1): 97-106.
- Matuana, L.M., Mengeloğlu, F., 2002. Manufacture of rigid pvc/wood-flour composite foams using moisture in wood as foaming agent. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 8(4): 264-270.
- Mengeloğlu, F., Çavuş, V., 2019. Additives used in wood plastic composite manufacturing. In: *Research & Reviews in Agriculture, Forestry and Aquaculture Sciences* (ed: Bozdoğan, A.M., Yarpuz-Bozdoğan, N.), First edit. Gece Kitaplığı, Ankara, pp. 51-64.
- Mengeloğlu, F., Gezer, E.D., Karakuş, K., Atar, İ., Başboğa, İ. H., Bozkurt, F., 2019. Gel permeative chromatography (GPC) analysis of Polycaprolactone (PCL) based biodegradable composites through laboratory soil test. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(4): 674-678.
- Mengeloğlu, F., Kabakci, A., 2008. Determination of thermal properties and morphology of eucalyptus wood residue filled high density polyethylene composites. *Int. J. Mol. Sci.*, (9): 107-119.
- Mengeloğlu, F., Karakuş, K., 2008. Some properties of eucalyptus wood flour filled recycled high density polyethylene polymer-composites. *Turkish J Agric For*, (32): 537-546. <https://doi.org/10.3906/tar-0801-7>
- Mrowka, M., Szymiczek, M., Skonieczna, M., 2021. The impact of wood waste on the properties of silicone-based composites. *Polymers*, 13(7): 1-17.
- Ormançılık Araştırma Enstitüsü, 1985. *Kayın Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Muhtelif yayımlar serisi: 42, El kitabı dizisi: 1.
- Özdemir, F., Serin, Z.O., Mengeloğlu, F., 2013. Utilization of red pepper fruit stem as reinforcing filler in plastic composites. *BioResources*, (8): 5299-5308. <https://doi.org/10.15376/biore.s.8.4.5299-5308>
- Ramezani Kakroodi, A., Kazemi, Y., Rodrigue, D., 2013. Mechanical, rheological, morphological and water absorption properties of maleated polyethylene/hemp composites: Effect of ground tire rubber addition. *Composites B*, (51): 337-344. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.03.032>
- Rowell, R.M., 2006. Advances and challenges of wood polymer composites. In: Yusoff MNM, Poh KM, Jantan MD, et al., (eds) *Proceedings of the 8th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium*. 20-23 November, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 2-11.
- Sain, M., Panthapulakkal, S., 2006. Bioprocess preparation of wheat straw fibers and their characterization. *Ind Crops Prod*, (23): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.01.006>
- Stark, N.M., Berger, M.J., 1997. Effect of species and particle size on properties of wood-flour-filled polypropylene composites. *Proceedings of Functional Fillers for Thermoplastic and Thermosets*, December 8-10, Le Meridien at Coronado, San Diego, California, pp. 1-22.
- Steckel, V., Clemons, C.M., Thoemen, H., 2007. Effects of material parameters on the diffusion and sorption properties of wood flour/polypropylene composites. *J Appl Polym Sci*, (113): 752-763. <https://doi.org/10.1002/app.25037>
- Taşdemir, Ç., Başboğa, İ.H., Hiziroğlu, S., 2020. Surface quality of wood plastic composites as function of water exposure. *Applied Sciences-Basel*, (10): pp. 1-8. <https://doi.org/10.3390/app10155122>
- TS EN ISO 178. 2011. *Plastikler-Eğilme özelliklerinin tayini*. TSE, Ankara, Türkiye
- Yang, H., Yan, R., Chen, H., Lee, D.H., Zheng, C., 2007b. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. *Fuel*, (86): 1781-1788. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2006.12.013>
- Yang, H.S., Wolcott, M.P., Kim, H.S., Kim, S., Kim, H.J., 2007a. Effect of different compatibilizing agents on the mechanical properties of lignocellulosic material filled polyethylene bio-composites. *Compos Struct*, (79): 369-375. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2006.02.016>
- Yuan, Q., Wu, D., Gotama, J., Bateman, S., 2008. Wood fiber reinforced polyethylene and polypropylene composites with high modulus and impact strength. *J Thermoplast Compos Mater*, (21): 195-208. <https://doi.org/10.1177/0892705708089472>

Ormanlıkta makine öğrenmesi kullanımı

Remzi Eker^{a,*}, Kamber Can Alkiş^b, Zennure Uçar^a, Abdurrahim Aydın^c

Özet: Gelişen teknolojiyle beraber diğer disiplinlerde olduğu gibi ormanlıkta da geleneksel uygulamaların daha ekonomik, etkin, hızlı ve kolay yapılabilmesi için yenilikçi yaklaşımların kullanımına talepler ve ihtiyaçlar artmaktadır. Özellikle son dönemde ortaya çıkan ormanlık bilişimi, hassas ormanlık, akıllı ormanlık, Ormanlık (Forestry) 4.0, iklim-akıllı ormanlık, sayısal ormanlık ve ormanlık büyük verisi gibi terimler ormanlık disiplinin gündeminde yer almaya başlamıştır. Bunların neticesinde de makine öğrenmesi ve son dönemde ortaya çıkan otomatik makine öğrenmesi (AutoML) gibi modern yaklaşımların ormanlıkta karar verme süreçlerine entegre edildiği akademik çalışmaların sayısında önemli artışlar gözlenmektedir. Bu çalışma, makine öğrenmesi algoritmalarının Türkçe dilinde anlaşılabilirliğini daha da artırmak, yaygınlaştırmak ve ilgilenen araştırmacılar için ormanlıkta kullanımına yönelik bir kaynak olarak değerlendirilmesi amacıyla ortaya konulmuştur. Böylece çeşitli ormanlık faaliyetlerinde makine öğrenmesinin hem geçmişten günümüze nasıl kullanıldığını hem de gelecekte kullanım potansiyelini ortaya koyan bir derleme makalesinin ulusal literatüre kazandırılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: AutoML, Büyük veri, Makine öğrenmesi, Ormanlık

Using Machine Learning in Forestry

Abstract: Advanced technology has increased demands and needs for innovative approaches to apply traditional methods more economically, effectively, fast and easily in forestry, as in other disciplines. Especially recently emerging terms such as forestry informatics, precision forestry, smart forestry, Forestry 4.0, climate-intelligent forestry, digital forestry and forestry big data have started to take place on the agenda of the forestry discipline. As a result, significant increases are observed in the number of academic studies in which modern approaches such as machine learning and recently emerged automatic machine learning (AutoML) are integrated into decision-making processes in forestry. This study aims to increase further the comprehensibility of machine learning algorithms in the Turkish language, to make them widespread, and be considered a resource for researchers interested in their use in forestry. Thus, it was aimed to bring a review article to the national literature that reveals both how machine learning has been used in various forestry activities from the past to the present and its potential for use in the future.

Keywords: AutoML, Big data, Machine learning, Forestry

1. Giriş

Teknolojide özellikle son yüzyılda meydana gelen küresel ölçekteki dönüşümle birlikte, veri (data) hacmi son 20 yılda daha önce görülmemiş şekilde artmıştır (Gao vd., 2022). Hatta, oluşturulan ve kopyalanan verilerin küresel hacmi son beş yılda yaklaşık dokuz kat artarken her iki yılda bir en az ikiye katlanmıştır (Chen vd., 2014). Mevcut verideki bu artışın sonucunda da “büyük veri (big data)” kavramı ortaya çıkmıştır (Fan vd., 2014). Büyük veri kavramı daha fazla çeşitlilik (variety), daha büyük hacim (volume) ve daha fazla hız (velocity) içeren veri olarak ifade edilmektedir. Burada çeşitlilik; verinin hem kaynağındaki hem de formatındaki farklılık, hacim; verinin toplanan, kaydedilen ve işlenen miktarı, hız ise verinin büyüme ve gelişmede talepleri karşılamadaki oluşturulma ve işlenme hızıdır (Lu vd., 2014). Ayrıca büyük veri artan şekilde ve sürekli olarak üretilirken, büyük veriyi daha fazla açıklamaya yönelik verinin üretilme, kullanılma, kaydedilme ve yayılma sıklığı (Kitchin ve McArdle, 2016) yanı sıra doğruluğu/gerçekliği (veracity) ve değeri (value) gibi kavramlar da ortaya çıkmıştır (Gao vd., 2022).

Bilgisayar teknolojisine dayalı hesaplama gücü oldukça kapsamlı gelişmeler göstermiş ve makine(nin) öğrenimi/öğrenmesi (machine learning) ve veri bilimi (data science) çağımızın önemli ve yoğun çalışılan alanlarından biri haline gelmiştir. Verilerden (ham veri= data veya işlenmiş veri = information) bilgi (knowledge) çıkarmakla ilgili olan makine öğrenmesi özellikle büyük veri üzerinde daha kısa sürede sonuç elde etmek için yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Selvi vd., 2021). Dünyada milyarlarca insanı ve sanayinin geniş bir kesimini etkileyen günümüz teknolojisinin en başarılı ve geniş kapsamlı uygulama alanlarından biri olan yapay zekânın (artificial intelligence) bir alt dalı olan makine öğrenmesi insan etkileşimi olmaksızın özellikli görevlerin yerine getirilmesinde bilgisayar tabanlı hesaplamalar için çeşitli istatistik modeller ve algoritmalar kullanılmaktadır (Nandi ve Pal, 2022). Yine bu teknolojinin ortaya çıkışında insanlığın ilgisini fazlasıyla çeken ve gerek verinin depolanması ve işlenmesinde gerekse sayısal hesaplanmasında eşi görülmemiş bir kapasite sağlayan bilgisayar işlem kapasitelerindeki gelişmeler önemli rol oynamıştır. Çünkü insanlar bilgisayarların veriyi depolama ve işlemesi gibi

✉ ^a İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, İzmir, Türkiye
^b İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye
^c Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Düzce, Türkiye

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): remzi.eker@ikc.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 13.04.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 17.05.2023



Citation (Atf): Eker, R., Alkiş, K.C., Uçar, Z., Aydın, A., 2023. Ormanlıkta makine öğrenmesi kullanımı. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 150-177.
DOI: [10.18182/tjf.1282768](https://doi.org/10.18182/tjf.1282768)

temel kabiliyetlerinin ötesinde neler yapabileceği konusuna da yoğun ölçüde ilgi duymuşlardır (Jiang, 2021). Buradaki temel kabiliyetlerin ötesi ifadesinden, özellikle bilgi teknolojileri temelinde çalışan bir makinenin, insanlara atfedilen özelliklerden akıl yürütme, anlama, karar verme, sonuç çıkartma, genelleme yapma ve geçmiş tecrübelerden yeni bilgiler elde etme gibi beceriler konusunda neler yapabileceği anlaşılabilir.

Makine öğrenmesi her ne kadar son dönemde önemli başarılarla ulaşmış ve çeşitli disiplinlerde uygulama alanları artmış olsa da, aslında bu başarı makine öğrenmesi konusunda uzman kişilerin; verileri ön-işleme ve temizleme, uygun özellikleri (features) seçme ve oluşturma, uygun bir model ailesi (model family) seçme, model hiper-parametrelerini optimize etme, sinir ağı topolojisini tasarlama (eğer derin öğrenme kullanılıyorsa), makine öğrenmesi modelleri art/son işleme (post-processing) ve elde edilen sonuçları eleştirel olarak analiz etme gibi sıralanan görevleri gerçekleştirmesine bağlıdır (URL, 2023). Ancak insanın bulunduğu her sistemde olduğu gibi makine öğrenmesi sürecinde de insan hatasının oluşturduğu kritik sonuçlar söz konusu olabilmektedir. Çünkü insanların deneyimlerine bağlı olarak daha iyi veya kötü modeller oluşturması, önyargılarına bağlı olarak modellerde yanlılık hatalarının (bias) ortaya çıkması mümkündür (Özdemir ve Örsülü, 2019). Ayrıca bu görevlerin karmaşıklığı makine öğrenmesi uzmanı olmayan (yani makine öğrenmesi yöntemlerini herhangi bir alanda kullanmaya gereksinim duyan fakat makine öğrenmesi konusunda uzman olmayan) kişileri aşmaktadır. Çünkü makine öğrenmesi yöntemleri uygulanırken her aşamasında birçok araç ve teknik bulunduğundan bütün bu bilgiler arasında model uygulayıcıları kaybolabilmektedir. Makine öğrenmesi ile model inşa edilirken süreçteki insan hatalarının giderilmesi/en aza indirilmesi ve veri ön işleme, öznitelik seçimi, algoritma ve model seçimi, hiper-parametre optimizasyonu ve modelin değerlendirilmesi gibi zor ve çok zaman gerektiren görevlerin kullanıma hazır metotlar ile otomatik gerçekleştirilmesine talep ortaya çıkmıştır (Aghalarova ve Bozkurt Keser, 2022). Bunlar sonucunda da otomatik makine öğrenmesi (automatic machine learning, AutoML) geliştirilmiştir. Otomatik makine öğrenmesinin geliştirilmesinin sebebi makine öğrenmesi algoritmalarının kullanıma hazırlanması, gerekli ayarlamalarının yapılması gibi uzmanlık isteyen ve zaman alan süreçlerin basitleştirilmesi ve öğrenme modellerinin daha hızlı ve kolay bir şekilde oluşturulmasının sağlanmasıdır (Bayraktar, 2022). Otomatik makine öğrenmesi, makine öğrenmesi literatürüne son yıllarda girmiş ve hızla endüstride uygulama bulmuştur. Özellikle 2015 sonrası başta olmak üzere 2020'lere geldiğinde akademi ve endüstride otomatik makine öğrenmesinin kullanımının arttığı görülmektedir (Şeker, 2020).

Ormanlık dünya genelinde önemli bir role sahip olup özellikle Kanada, Rusya, Brezilya, ABD, İsveç, Norveç, Finlandiya ve Yeni Zelanda gibi pek çok ülkede ana endüstri alanlarından biridir (Feng ve Audy, 2020). Ormanlık, erişilmek istenen amaçlar, ihtiyaçlar ve değerlerin karşılanması için ormanları ve ilgili kaynakları insanların yararına, sürdürülebilir olarak oluşturma, yönetme ve koruma bilimi, sanatı ve mühendislik uygulamalarını içeren bir meslek olarak Amerikan Ormanlık Derneği tarafından tanımlanmaktadır (Helms, 1998). Bir diğer ifadeyle kereste üretiminden, çok çeşitli ekosistem hizmetlerine değişen

birçok amaç doğrultusunda ormanları yönetme sanatı, bilimi ve işidir (Grebner vd., 2021). Gezegemizdeki en önemli ekosistemlerden biri olan ormanlık alanlarda gerçekleştirilen bütün ormanlık faaliyetlerindeki karar verme süreçlerinde bilgiye her daim ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte özellikle son yıllarda çok daha fazla ve çok daha iyi/doğru/kaliteli veriye/bilgiye olan gereksinim/talep ise artarak devam etmektedir. Çünkü orman yönetimi, ekosistemin ekolojisine ve/veya orman işletmelerinin ekonomisine odaklanılarak, büyük miktarda veri ve çeşitli yönetim faaliyetlerini (ekolojik, ekonomik ve sosyal) içeren karmaşık bir sistemdir (Bettinger vd., 2016). İnsanoğlunun nüfusu artmaya devam ederken, besin güvenliği, iklim değişikliği, arazi tahribatı, biyoçeşitlilik kaybı, su kaynaklarındaki kıtlık ve ekosistem ve hizmetlerinin sürdürülebilirliği gibi birçok büyük sorunla uğraştığı (FAO ve ITPS, 2015), toplumsal değerlerin değiştiği ve internet/sosyal medya üzerinden fikir ve düşüncelerin çabucak ifade edilebildiği bir dünyada ormanlık (orman alanlarının planlanması ve yönetimi ihtiyaçları) her yıl daha fazla karmaşık ve zahmetli hale gelmektedir (Bettinger vd., 2016; Sonti, 2015). Her ne kadar görece olarak yavaş ilerlese de geleneksel ormanlık yaklaşımı, yeni teknolojiler, yeni yönetim yaklaşımları, yeni iş modelleri ve gelişmiş karar destek sistemleri ile yıllar içinde dönüşmektedir (Feng ve Audy, 2020). Özellikle bilişim teknolojilerinin (IT), küresel konumlama sistemi (GPS), coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama teknolojileri ile bütünleşik kullanımı hızla artmaktadır. Ortaya çıkan bu teknolojik gelişmelerle birlikte diğer pek çok alanda olduğu gibi ormanlıkta da bilişim teknolojileri ayrı bir öneme sahiptir. Çünkü gerek geleneksel uygulamaların daha ekonomik, etkin, hızlı ve kolay yapılabilmesi yanı sıra yeni yaklaşımların kullanımına yeni talep ve ihtiyaçlar, gerekse değişen dünyadaki ortaya çıkan sorunlara bağlı karşı karşıya kalınan zorunluluklar söz konusudur. Dolayısıyla görece olarak yeni olan ormanlık bilişimi (forestry informatization), hassas ormanlık (precision forestry), akıllı ormanlık (smart forestry), Ormanlık (Forestry) 4.0, iklim-akıllı ormanlık (climate-smart forestry), sayısal ormanlık (digital forestry) ve ormanlık büyük verisi (forestry big data) gibi terimlerin son dönemde ortaya çıktığı da gözlenmektedir (Taylor vd., 2002; Zou vd., 2019; Verkerk vd., 2020; Feng ve Audy, 2020; Gao vd., 2022).

Bu kavramlar içerisinde ormanlık büyük verisi her ne kadar açık şekilde tanımlanmamış olsa da ormanlığın ayrılmaz bir parçası olarak büyük veri teknolojisi kullanımına dayanmaktadır (Gao vd., 2022). Ormanlıkta kullanılan verilerin çarpıcı şekilde artan hız ve verimlilikte toplanması sonucu çok büyük veriler ortaya çıkmakta ve ormanlık büyük verisinden daha kısa sürede etkin şekilde sonuç almak için ormanlığın günümüz veri bilimi teknoloji ve teknikleriyle modernizasyonu söz konusu olmaktadır. Makine öğrenmesi bu teknoloji ve tekniklerden en önemlisi ve en sık kullanılanıdır. Makine öğrenmesinde ise günümüzde çok sayıda algoritma kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise makine öğrenmesinin, özellikle son dönemde ortaya çıkan otomatik makine öğrenmesinin, ormanlıkta kullanımı bilimsel dergilerde yapılan çalışmalar derlenerek geçmiş ve güncel örnekleri ile birlikte gelecekteki potansiyeli tartışılmıştır.

2. Makine öğrenmesi tanımı, tarihçesi ve algoritmalar

Öğrenme, tıpkı zekâ (intelligence) gibi, o kadar geniş bir süreç yelpazesini kapsamaktadır ki, tam olarak tanımlaması bu nedenle zordur. Öğrenmenin sözlük tanımı, “eğitim veya deneyim yoluyla bilgi, anlayış veya beceri kazanmak” ve “deneyim yoluyla davranışsal bir eğilimin değiştirilmesi” şeklindedir. Makinelerle ilgili olarak ta, çok genel haliyle, bir makinenin yapısını, programını veya verilerini (girdilerine dayalı olarak veya dış bilgilere yanıt olarak) değiştirdiğinde, gelecekte beklenen performansını iyileştirecek şekilde öğrendiği söylenebilir (Nilson, 1996). Makine öğrenmesi genellikle yapay zekâ ile ilişkili görevleri gerçekleştiren sistemlerdeki değişiklikler olup, buradaki görevler genel hatlarıyla tanıma (recognition), teşhis (diagnosis), planlama (planning), robot kontrolü (robot control), tahmin (prediction) vb. içerirken, değişiklikler ise hâlihazırda çalışmakta olan sistemlerde yapılan iyileştirmeler veya yeni sistemlerin başlangıcından sentezlenmesi olabilmektedir (Nilson, 1996). Bu kapsamda ilk başlarda özellikle bilgisayar teknolojisindeki hesaplama ve veri depolama kapasitesindeki etkileyici gelişmelerle birlikte insan zekâsı gerektiren karmaşık görevlerin (örneğin, satranç gibi zekâ/strateji oyunları oynayabilme, insanların konuşmalarını yazıya dökme ve anlama, metin belgelerini diller arası çevirebilme veya otonom olarak araba kullanabilme gibi) yerine getirilip getirilemeyeceği konusunda, bilgisayara belirli koşullar altında belirli eylemleri gerçekleştirebilmesi için çok sayıda “eğer-öyleyse-değilse (if-then-else) yapısı” içeren çok büyük bir program yazılabileceğine inanılıyordu (Jiang, 2021). Burada bahsedilen “eğer-öyleyse-değilse” yapısı çoğunlukla kurallar (rules) olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte son dönem ortaya çıkan yapay zekâ teknikleri ise bu geleneksel yaklaşıma alternatif ve yeniden sentezlenmiş bir sistem yaklaşımıdır. Yapay zekâ sistemlerinde kurallar ise bütünlük olarak bir kural tabanı olarak tanımlanmaktadır, çünkü insan uzmanların (human-experts) bilgisine dayalı olarak oluşturulurlar (Jiang, 2021). Burada mantık (logic) ve grafikler (graphs) gibi matematiksel/istatistiksel araçlar bilgi temsili için kullanılmaktadır. Bilgi tabanı oluşturulduktan sonra her bir gözlem için karar vermek amacıyla bilgi tabanındaki tüm kuralları keşfetmek için bazı iyi bilinen arama stratejileri kullanımı gerekli olabilmektedir. Bu yöntemlere genel olarak sembolik yaklaşımlar denilmektedir (Russel ve Norvig, 2010). Yapay zekâ yaklaşımlarında ilk başlarda sembolik yaklaşımlar, matematiksel olarak sağlam çıkarım algoritmaları şeffaf karar verme sürecinde yüksek oranda açıklanabilir sonuçlar elde etmek için kullanılabildiği için baskındır. Özellikle 1970 ve 1980’lerde popüler olan uzman sistemler bunlara örnek olarak verilebilir (Jackson, 1990). Kural tabanlı sembolik yaklaşımlarda başarının anahtarı kural tabanındaki gerekli bütün kuralların nasıl oluşturulduğuna bağlı olmaktadır. Ancak ne yazık ki bu gerçekçi bir görev için aşılabilir bir engel haline gelmiştir. Çünkü her şeyden önce iyi formüle edilmiş bazı kurallar kullanarak insan bilgisini açık şekilde ifade etmek kolay olmamaktadır. Hem bilgi tabanındaki kural sayısı arttıkça sürdürmek imkânsız hale gelmekte, hem de belirli bir kuralda değişiklik yapılmak istendiğinde bu değişiklik tanımlanması kolay olmayan diğer birçok kuralı da etkileyebilmektedir. Kural tabanlı sembolik sistemler kısmi bilgiye dayalı olarak nasıl karar verileceğini bilemez ve genellikle karar verme sürecinde belirsizliği yönetmekte başarısız olurlar. Bu

sorunun çözümü alternatif bir yaklaşım olarak bilgisayarların herhangi bir yapay zekâ görevindeki becerilerini deneyim yoluyla geliştirebilecekleri öğrenme algoritmalarının tasarımı olduğu söylenebilir (Mitchell, 1997). Buradaki makinenin deneyim kazanma süreci sözde “eğitim verisi (training data)” ile öğrenme algoritmasının beslenmesidir ki, bu öğrenme algoritmalarının tasarımı biyolojik olarak ilham alınmış öğrenme makinelerinden (Rosenblatt, 1958; Rumelhart vd., 1986a; 1986b) olasılık tabanlı istatistiksel öğrenme yöntemlerine (Richard vd., 1973; Baker, 1975; Jelinek vd., 1975; Brown vd., 1988) kadar değişen çeşitli stratejileri kapsamaktadır (Jiang, 2021). Özellikle 1980’lerden itibaren, otomatik öğrenme algoritmalarının incelenmesi, yapay zekâda makine öğrenmesi adı altında hızla önem kazanan bir alt alan olarak ortaya çıkmıştır. Bilgiye dayalı sembolik yaklaşımların aksine, veriye dayalı makine öğrenmesi algoritmaları, açık bir programlamaya sahip olmayan kararlar almak için bazı matematiksel modeller oluşturmak üzere eğitim verilerinden otomatik olarak nasıl yararlanılacağına daha fazla odaklanmaktadır. Makine öğrenmesi algoritmaları sayesinde bir yapay zekâ sisteminin tasarımındaki ana yük son derece zorlu olan manuel bilgi temsili görevinden nispeten daha uygulanabilir bir veri toplama yöntemine doğru gelişmiştir. Özellikle konuşma tanıma (Baker, 1975; Jelinek vd., 1975) ve diller arası makine çevirisi (Brown vd., 1988) gibi başarılı yapay zekâ uygulamaları devamında modern bilgisayarların hesaplama gücünün sürekli olarak gelişmesiyle bugün makine öğrenmesi neredeyse tüm mühendislik alanlarında çok sayıda uygulama örnekleri ortaya çıkarmıştır. Bunların ormancılık disiplini dışındakilerin bazıları biyoenformatik (Kong vd., 2007; Mackowiak vd., 2015), biyokimya (Richardson vd., 2016; Wildenhain vd., 2015), tıp (Kang vd., 2015; Asadi vd., 2014; Zhang vd., 2017), meteoroloji (Cramer vd., 2017; Rhee ve Im 2017; Aybar-Ruiz vd., 2016), ekonomi (Barboza vd., 2017; Zhao vd., 2017; Bohanec vd., 2017), robotik (Takahashi vd., 2017; Gastaldo vd., 2015), su ürünleri yetiştiriciliği (López-Cortés vd., 2017; Zhou vd., 2018), gıda güvenliği (Fragini vd., 2018; Maione ve Barbosa, 2018), klimatoloji (Fang vd., 2017) ve ziraat bilimleri (Liakos vd., 2018) şeklinde örneklenebilir.

Makine öğrenmesinin tarihsel olarak gelişiminden bahsetmek, pek çok kimse tarafından çok yeni bir konu olduğu yanılgısı bulunduğu için önemlidir. Çünkü makine öğrenmesinin kökleri 1950’lere kadar uzanmaktadır (Nandi ve Pal, 2022). Makine öğrenmesinin zaman içerisindeki gelişimi Şekil 1’de gösterilmektedir. Nandi ve Pal (2022) tarafından ortaya konulan makine öğrenmesi tarihsel gelişimi şu şekilde özetlenmektedir: “...Alan Turing tarafından 1950 yılında bir bilgisayarın bir insanla aynı zekâyı sergileyip sergilemediğini belirlemek için yaptığı ve Turing Testi adını verdiği uygulama yapay zekâ veya makine öğrenmesinin ilk örneği olarak kabul edilmektedir. Daha sonra John McCarthy tarafından 1956 yılında yapay zekâ terimi Dartmouth Koleji’ndeki bir konferansta ilk defa kullanılmıştır. İlerleyen süreçte ise Allen Newell, John Clifford Shaw ve Herbert Alexander Simon tarafından çalışan ilk yapay zekâ yazılım programı olan Logic Theorist geliştirilmiştir. Frank Rosenbalt tarafından 1967 yılında deneme yanılma yoluyla “öğrenen” ilk bilgisayar tabanlı sinir ağı olan Mark 1 Perceptron’u kurmuştur. Bundan birkaç yıl sonra “Perceptrons” isimli (Marvin ve Seymour, 1969), sinir ağları konusunda hem bir dönüm noktası haline gelen hem de gelecekteki projeler için önemli bir altlık argüman haline

gelen kitap yayınlanmıştır. Kendini eğitmede geri-yayılım (back-propagation) algoritmaları kullanan yapay zekâ uygulamaları ise 1980'lere gelindiğinde oldukça geniş kapsamda benimsenerek kullanılmaya başlanmıştır. IBM tarafından 1997 yılında geliştirilen Deep Blue bir satranç maçında Dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov'u yenmiştir. Jeopardy şampiyonları Ken Jennings ve Brad Rutter, 2011 yılında IBM Watson'a yenildiler. Baidu tarafından geliştirilen süper bilgisayar Minwa 2015 yılında evrişimli sinir ağı (Convolutional Neural Networks, CNN) kullanarak görüntüleri bir insandan daha yüksek bir doğruluk oranıyla tanıma ve kategorize etme amaçlı kullanılmıştır. Aynı dönem ImageNet yarışmasının sonuçlarını iyileştirmeye dönük ihtiyaçlar AlexNet'i ortaya çıkarmıştır. Derin bir sinir ağı ile desteklenen DeepMind AlphaGo 2016 yılında beş oyunluk bir maçta Go oyunu dünya şampiyonlarını yenmiştir...".

Makine öğrenmesi daha önce de belirtildiği gibi açık şekilde programlama yapılmadan, girdi verilerinden bilgisayarlara öğrenme yeteneği kazandırmaya yönelik bir çalışma alanı olarak tanımlanmaktadır. Bu öğrenme süreci hem analiz edilen hem de yeni girdi verisinden aşamalı olarak gerçekleştirilir (Nassif vd., 2019). Başarılı bir makine öğrenmesi sürecindeki önemli işlem adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Şekil 2 ve Şekil 3) (Murty ve Avinash, 2023).

1. *Veri toplama (Data collection/acquisition)*; bilgisayarların öğrenebileceği önceki deneyimi temsil edebilecek yeterli miktarda eğitim verisinin toplanmasıdır. İdeal olarak, eğitim verileri, sistemin sonunda konuşlandırılacağı aynı koşullar dikkate alınarak toplanmalıdır. Bu şekilde toplanan veriler genellikle "alan içi (in domain)" veriler olarak adlandırılmaktadır. Bir diğer ifade ile verilerin toplanması uygulama alanı (application domain) bilgisine bağlıdır (Murty ve Avinash, 2023). Birçok öğrenme algoritması, yorumcu kişiler (human-annotators) tarafından, öğrenme algoritmalarını kolaylaştıracak şekilde verileri manuel olarak etiketlemesini gerektirmektedir. Pratikte alan içi eğitim verilerinin toplanması oldukça maliyetli bir süreçtir. Çünkü bir makine öğrenmesi sisteminin herhangi bir pratik görevdeki nihai performansı, büyük ölçüde mevcut alan içi eğitim verilerinin miktarı tarafından belirlenmektedir. Çoğu durumda, daha fazla alan içi veriye erişmek, herhangi bir gerçek dünya uygulaması için performansı artırmanın en etkili yolu olmaktadır (Jiang, 2021).

2. *Özellik oluşturma (Feature generation) veya Özellik mühendisliği (Feature engineering)*; ham verilerden özellikleri çıkarmak için genellikle alana özgü bazı prosedürlerin uygulanması gerekmektedir. Başarılı bir makine öğrenmesinde, özellikler kompakt olmalı, ancak aynı zamanda ham verilerdeki en önemli bilgileri de korumalıdır (Jiang, 2021). Tipik olarak veri toplamada karşılaşılan üç farklı zorluk vardır (Murty ve Avinash, 2023). Bunlar; i) Eksik Veri (Verilerdeki bazı değerlerin eksik olması mümkündür. Bunun nedeni, ölçüm yapılmamış olması veya verilerin kaydedilmemiş olması olabilir.), ii) Farklı Etki Alanlarından Veriler (Farklı özelliklerin arkasındaki ölçekler oldukça farklı olabilir. Bu, daha küçük aralıklara sahip özelliklerin katkılarını göz ardı ederek, yakınlık ölçüsünün daha büyük etki alanlarına sahip özelliklere bağımlı olmasını saptıracaktır.) ve iii)

Aykırı Değerlerin Varlığı (Aykırı değer, hatalı olan bir veri ögesidir. Bir aykırı değer varlığı, ölçüm araçlarındaki teknik sorun veya hatalı veri girişlerinden kaynaklanabilir.)

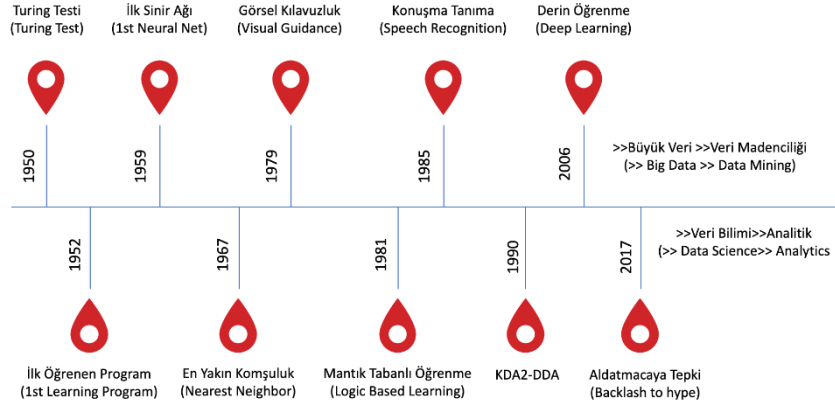
3. *Model Seçimi (Model selection)*; veri türlerine ve ilgili alan bilgisine bağlıdır. Bazı veri türleri için makine öğrenmesi modellerinin yalnızca bir alt kümesi kullanılabilir (Murty ve Avinash, 2023). Örneğin, bazı özellikler sayısal ve diğerleri kategorik ise, algılayıcılara ve destek vektör makinelerine (SVM) dayalı sınıflandırıcılar uygun değildir, oysa Bayes sınıflandırıcısı ve karar ağacı tabanlı sınıflandırıcılar bu tür verilerle başa çıkmak için ideal olabilmektedir.

4. *Model tahmini/eğitimi (Model estimation/training)*; eğitim verilerinin çıkarılan özellik temsillerinden bazı matematiksel modeller oluşturmak için bir öğrenme algoritması seçimi yapılmaktadır (Jiang, 2021). Bu öğrenmede, genel olarak, eğitim verilerinin boyutuna ve türüne bağlıdır. Temel bir yaklaşım olarak uygulamada, etiketlenmiş verilerin bir alt kümesi eğitim verileri olarak kullanılırken, başka bir alt küme ise model doğrulama amaçlı kullanılmaktadır (Murty ve Avinash, 2023). Son yıllarda makine öğrenmesi alanındaki gelişmeler, hangi öğrenme algoritmalarının kullanılacağı ve hangi modellerin oluşturulacağı konusunda bize çok çeşitli seçenekler sağlamaktadır.

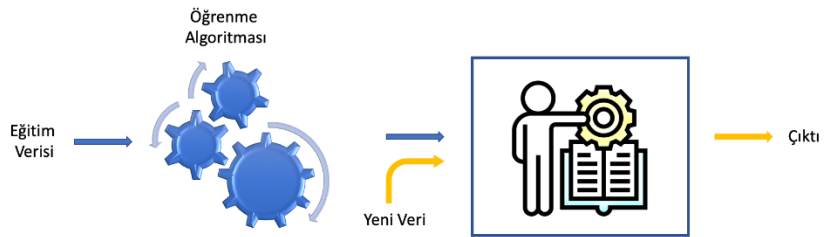
5. *Model değerlendirme/doğrulama (Model evaluation/validation)*; bu adım doğrulama verileri (validation data) adı verilen özel olarak tahsis edilmiş bir veri gerektirmektedir. Çünkü makine öğrenmesi modelinin eğitim verileri üzerinde iyi çalışması, bir diğer ifadeyle modelin iyi eğitilmiş olması mümkündür. Ancak, model doğrulama verilerinde iyi çalışmayabilir. Böyle bir durumda makine öğrenmesi modelinin eğitim verileriyle aşırı uyumlu (overfitting) olduğu anlaşılmaktadır (Murty ve Avinash, 2023).

6. *Model açıklaması (Model explanation)*; bu adım temel olarak alan uzmanının dikkatini çekmek ve uzmandan geri bildirim almak açısından önemlidir. Model açıklaması aşaması, uzman sistemlerde ve geleneksel yapay zekâ sistemlerinde önemli bir role sahiptir. Ancak, Derin Öğrenme (Deep Learning) çağında açıklama çok daha önemli hale gelmiştir, çünkü derin öğrenmede tipik olarak sinir ağları kullanılması ve bunların işleyişi, alan uzmanı tarafından makbul görececek bir ayrıntı düzeyinde kolayca açıklanamamaktadır. Günümüzde derin öğrenmenin böylesine anlaşılabilir bir davranış ortaya çıkarması neticesinde ise açıklanabilir (explainable) yapay zekâyâ olan ihtiyaç ortaya çıkmıştır (Murty ve Avinash, 2023).

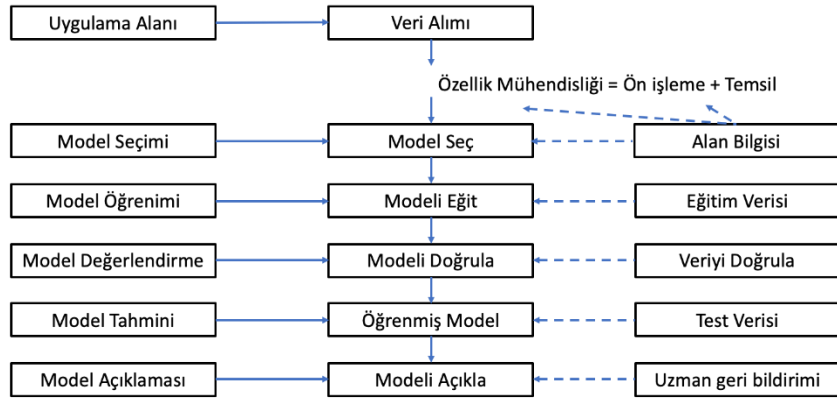
Makine öğrenmesi algoritmaları temel olarak 3 ayrı kategoriye ayrılmaktadır (Smolyakov, 2023): i) denetimli/kontrollü öğrenme (supervised learning), ii) denetimsiz/kontrolsüz öğrenme (unsupervised learning) ve iii) derin öğrenme (deep learning). Bunlara ek olarak yarı-denetimli öğrenme (semi-supervised learning) ve takviyeli/pekiştirmeli öğrenme (reinforcement learning) kategorileri de bulunmaktadır (Nandi ve Pal, 2022). Makine öğrenmesi algoritmalarına ait kategoriler Şekil 4'de verilmektedir.



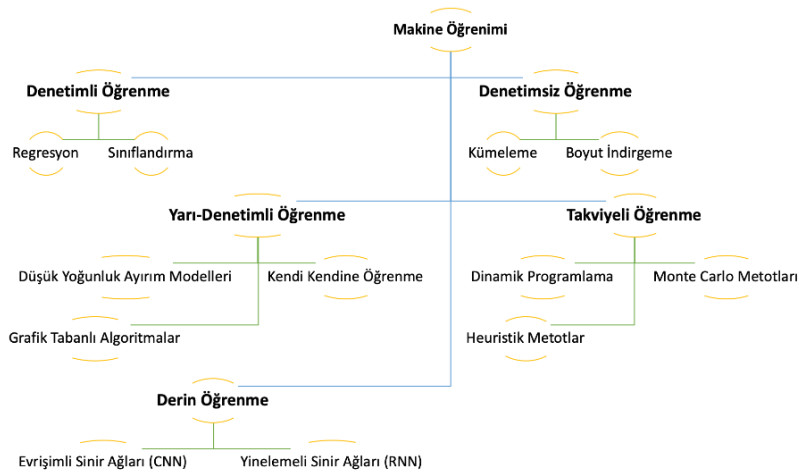
Şekil 1. Makine öğrenmesinin zamansal gelişimi (Nandi ve Pal, 2022'den uyarlanmıştır).



Şekil 2. Makine öğrenmesi şematik gösterimi (Nassif vd., 2019'dan uyarlanmıştır).



Şekil 3. Bir makine öğrenmesi sistemi oluşturma sürecinin önemli adımları (Murty ve Avinash, 2023'den uyarlanmıştır)



Şekil 4. Makine öğrenmesi kategorileri (Nassif vd., 2019'dan uyarlanmıştır).

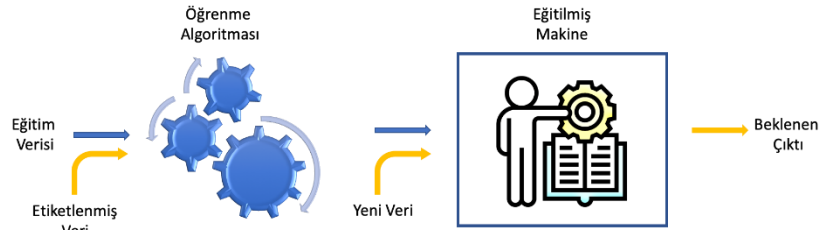
Denetimli öğrenmede makine verilen n adet girdi-çıkı çiftlerinden oluşan bir $D = \{(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)\}$ öğrenme veri seti içerisinde x girdilerinden karşılık gelen y çıktılarını öğrenme görevini gerçekleştirmektedir. Buradaki çıktılar makine öğrenmesinde etiket (label) olarak tanımlanmaktadır ve denetmen (supervisor), algoritmaya ilgili girdi ve karşılık gelen doğru tahmin edilmesi gereken çıktının tanıtılmasına hizmet etmektedir. Denetimli öğrenme şematik olarak Şekil 5'te gösterilmektedir. Denetimli öğrenme ayrıca tahmin edilmeye çalışılan, yani makine tarafından öğrenilmesi istenilen, niceliğe bağlı olarak sınıflandırma (classification) ve regresyon (regression) şeklinde iki alt grupta kategorize edilmektedir. Eğer çıktı nicelik olarak ayrık/kategorik (discrete) türünde ise bir sınıflandırma probleminden bahsedilirken, çıktı nicelik olarak sürekli (continuous) büyüklük türünde ise o zaman bir regresyon probleminden bahsedilmektedir.

Denetimsiz öğrenmede ne bir y etiket tanımlanır ne de girdi-çıkı örnekleri arasında haritalama (mapping) öğrenilmeye çalışılır, bunların yerine verinin kendisinden bir anlam çıkarılmaya çalışılmaktadır. Burada bahsedilen haritalama terimi ile matematikteki iki küme arasındaki, ikinci kümenin bir elemanının birinci kümedeki her bir elemanla eşleştiğini ifade eden bir bağıntı ifade edilmektedir. Denetimsiz öğrenmede n adet herhangi bir karşılık gelen y çıktısı olmayan x girdilerini içeren bir $D = \{(x_1), \dots, (x_n)\}$

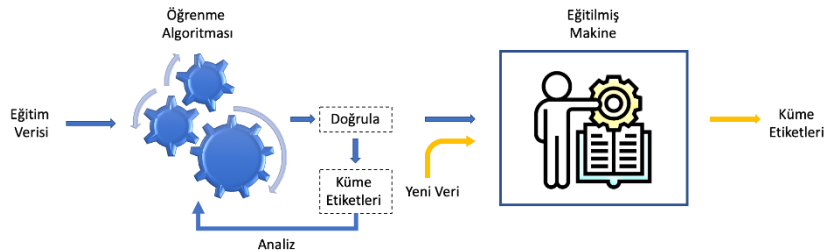
öğrenme veri seti kullanılmaktadır. Denetimsiz öğrenmeye verilebilecek en temel örneklerden birisi olarak veri içindeki kümelenmenin bulunması verilebilir. Denetimsiz öğrenme şematik olarak Şekil 6'da gösterilmektedir.

Yarı-denetimli öğrenme hem etiketlenmiş hem de etiketlenmemiş veriler üzerinde çalıştığı için denetimli ve denetimsiz öğrenmenin bir karışımı olarak tanımlanabilir. Yarı-denetimli öğrenme şematik olarak Şekil 7'de gösterilmektedir. Takviyeli öğrenme ise çevre odaklı bir yaklaşım olup ödül veya cezaya dayalı gerçekleşmektedir. Amacı makinenin öğrenme verimliliğini artırmak için belirli bir bağlam veya ortamdaki optimum davranışın otomatik olarak değerlendirilmesidir.

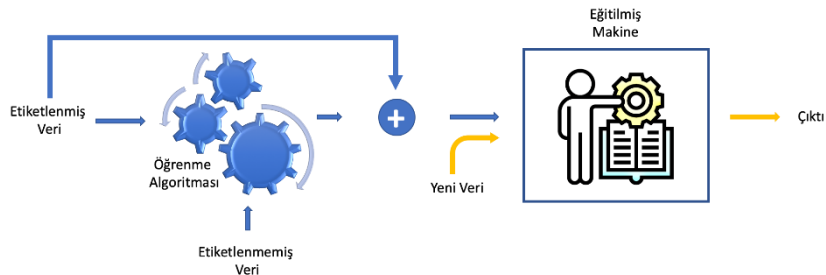
Makine öğrenmesi algoritmalarındaki en yeni ve önemli sınıf olan derin öğrenmenin ismi, beraberinde bir hesaplama grafiği oluşturulan çok sayıda hesaplama katmanları yığını içerisinde gelmektedir. Bu grafiğin derinliği sıralı hesaplamayı ve genişliği paralel hesaplamayı ifade eder. Derin öğrenme modelleri, hedef fonksiyonu karşılayana kadar parametrelerini geri yayılım (back-propagation) algoritması kullanarak kademeli olarak iyileştiren bir yaklaşımla çalışmaktadır. Günümüzde literatürde çok sayıda kullanılan makine öğrenmesi modelleri, algoritmaları ve doğrulanmalarında kullanılan istatistiksel ölçüleri bulunmaktadır. Burada bahsedilen bazı makine öğrenmesi algoritmalarının isim ve kısaltmaları Çizelge 1'de listelenmiştir.



Şekil 5. Denetimli öğrenme (Nassif vd., 2019'dan uyarlanmıştır).



Şekil 6. Denetimsiz öğrenme (Nassif vd., 2019'dan uyarlanmıştır).



Şekil 7. Yarı-denetimli öğrenme (Nassif vd., 2019'dan uyarlanmıştır).

Çizelge 1. Makine öğrenmesinde kullanılan algoritmalar

	Algoritma Adı (İngilizce)	Kısaltma		Algoritma Adı (İngilizce)	Kısaltma
1	AdaBoost classifier	ABC	63	k-nearest neighbour regressor	KNN-R
2	AdaBoost regressor	ABR	64	Kernel logistic regression	KLR
3	Adaptive resonance theory neural network	ART	65	Kernel ridge	KR
4	Adaptive-neuro fuzzy inference systems	ANFIS	66	Kstar	Kstar
5	Artificial neural network	ANN	67	Lasso least angle regression	LLAR
6	Automatic machine learning	AutoML	68	Lasso regression	LSSR
7	Automatic relevance determination	ARD	69	Learning vector quantization	LVQ
8	Average neural network	avNN	70	Least angle regression	LAR
9	Back-propagation network	BPN	71	Least squares-support vector machine	LS-SVM
10	Bagging	Bagging	72	Light gradient boosting machine	LightGBM
11	Bayesian belief network	BBN	73	Linear discriminant analysis	LDA
12	Bayesian network	BN	74	Linear mixed effects regression	LMER
13	Bayesian ridge	BR	75	Linear regression	LIR
14	Boosted regression tree	BRT	76	Locally weighted learning	LWL
15	Bootstrap aggregating	Bagging	77	Logistic regression	LR
16	Boruta	Boruta	78	LogitBoost	LogitBoost
17	C4.5-like trees	C45	79	Maximum entropy	MaxEnt
18	C5.0 decision tree	C50	80	Mini-batch back propagation	MBBP
19	Casual forest	CsF	81	Mixture discriminant analysis	MDA
20	Casual tree	CsT	82	Mixture of gaussians	MOG
21	CatBoost	CatBoost	83	MLP feed forward neural network	MLPFFN
22	CatBoost regressor	CBR	84	MLP neural network with BP	MLPNNB
23	Chi-square automatic interaction detector	CHAID	85	Multi-layer perceptron	MLP
24	Classification and regression trees	CART	86	Multi-layer perceptron regressor	MLP-R
25	Classification trees	CT	87	Multiple linear regression	MLR
26	Concordance index	C-index	88	Multivariate adaptive regression splines	MARS
27	Conditional inference tree	CIT	89	Naive bayes	NB
28	Convolutional neural networks	CNNs	90	Naive bayesian classifier	NBC
29	Counter propagation	CP	91	Neural nest	NN
30	Cubist	Cubist	92	Neural network	NNet
31	Decision tree	DT	93	Ordinary least squares regression	OLSR
32	Decision tree regressor	DTR	94	Orthogonal matching pursuit	OMP
33	Deep belief network	DBN	95	Partial least squares regression	PLSR
34	Deep Boltzmann machine	DBM	96	Passive-Aggressive regressor	PAR
35	Deep neural network	DNN	97	Principle component analysis	PCA
36	Dummy regressor	DR	98	Quadratic Discriminant Analysis	QDA
37	Elastic net	ELN	99	Quasi-recurrent neural networks	QRN
38	Ensemble neural networks	ENNs	100	Radial basis function networks	RBFN
39	Expectation maximisation	EM	101	Random forest	RF
40	Extra tree classifier	ETC	102	Random forest regressor	RFR
41	Extra tree regressor	ETR	103	Random sample consensus	RSC
42	Extreme gradient boosting	XGBoost	104	Randon subspace	RS
43	Extreme learning machines	ELMs	105	Regression tree analysis	RTA
44	Extremely randomized trees	ERT	106	Ridge classifier	RC
45	Feed forward neural network	FFNN	107	Ridge regression	RR
46	fully connected neural nets	FCN	108	Rotation forest	RoF
47	Gaussian naive bayes	GNB	109	Self adaptive evolutionary-ELM	SaE-ELM
48	Gaussian process tree	GPR	110	Self-organising maps	SOMs
49	Generalized additive mixed model	GAMM	111	Stacked ensemble	SE
50	Generalized additive model	GAM	112	Stacked generalization	SG
51	Generalized linear model	GLM	113	Stepwise multiple linear regression	SMLR
52	Generalized regression neural networks	GRNN	114	Stochastic gradient boosting	SGB
53	Gradient boosting classifier	GBC	115	Stochastic gradient descent	SGD
54	Gradient boosting machines	GBM	116	Successive projection algorithm-SVM	SPA-SVM
55	Gradient boosting regressor	GBR	117	Supervised kohonen networks	SKNs
56	Gradient boosting trees	GBT	118	Support vector regression	SVR
57	Group method of data handling	GMDH	119	SVM with Linear kernel	SVML
58	Huber regressor	HR	120	SVM with polynomial kernel	SVMP
59	Instance-based learning	IBL	121	SVM with radial kernel	SVMR
60	J48	J48	122	Symbolic regression	SR
61	K-means clustering	KMC	123	TheilSen regressor	TSR
62	k-nearest neighbour	KNN	124	Weighted k-nearest neighbour	WKNN

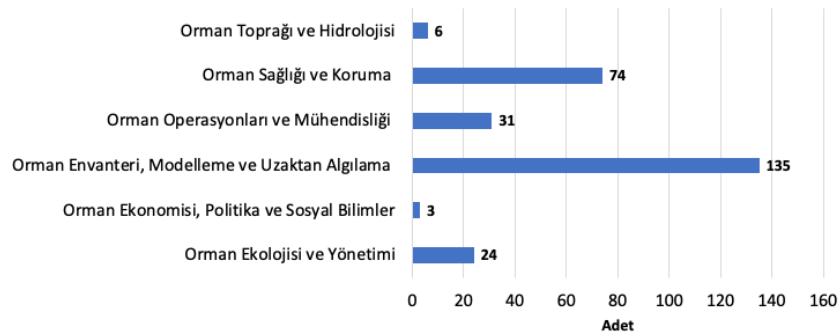
3. Ormancılıkta makine öğrenmesinin kullanım alanları

Ormancılığın pek çok alanında makine öğrenmesi geçmişten günümüze artan şekilde uygulanmaktadır. Ancak literatürde bu konuda özellikle Türkçe dilinde bir derleme çalışma olmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında başta makine öğrenmesi olmak üzere özellikle son dönemde ortaya çıkan otomatik makine öğrenmesinin ormancılıkta kullanımı araştırılmak üzere literatürden erişilebilen konuyla ilgili araştırma makaleleri incelenmiştir. Erişilen makaleler ormancılık araştırma konularına göre derlenmiştir. Bu kapsamda ormancılık araştırma ve uygulama konularına yönelik toplamda 6 kategori olarak dikkate alınmıştır. Bunlar;

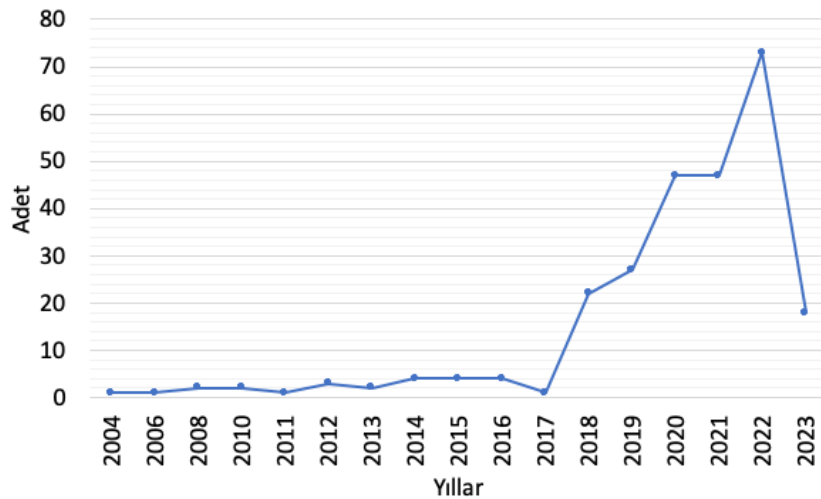
1. Orman Ekolojisi ve Yönetimi
2. Orman Ekonomisi, Politika ve Sosyal Bilimler
3. Orman Envanteri, Modelleme ve Uzaktan Algılama
4. Orman Operasyonları ve Mühendisliği (Üretim, Yol ve Transport)
5. Orman Sağlığı ve Koruma
6. Orman Toprağı ve Hidrolojisi

şeklinde sıralanabilir. Her bir kategori kapsamında yapılan çalışmalar ayrı alt başlıklarda irdelenmiştir. Literatür taraması öncelikle Google Akademik (<https://scholar.google.com/>) arama motorunda tüm zamanlar seçeneği aktif ve alakaya göre sıralanacak şekilde İngilizce ve Türkçe dillerinde “machine learning in forestry”, “machine learning applications in forest operations” ve “ormancılıkta makine öğrenmesi uygulamaları” gibi anahtar

kelimelerle arama yapılarak gerçekleştirilmiştir. Çıkan sonuçlar detaylıca incelenerek öncelikle doğrudan ormancılıkla ilgili olan ve makine öğrenmesi terimine çalışmanın başlığında veya metin içerisinde yer verilen çalışmalardan erişilebilenler dikkate alınmıştır. Daha sonra doğrudan ormancılıkla ilgili olmayan ancak ormanlık alanda uygulanmış ve çalışmanın başlığında veya metninde makine öğrenmesi terimine yer verilen çalışmalar incelenmiştir. Ayrıca çalışmanın başlığında veya metni içerisinde makine öğrenmesi terimine yer verilmese bile metodolojik olarak herhangi bir makine öğrenmesi algoritması/metodunu kullanan ve doğrudan ormancılıkla ilgili çalışmalara erişilmeye çalışılmıştır. Böylece derleme kapsamında toplamda 274 adet (çeşitli ulusal ve uluslararası dergilerde yayınlanan araştırma makalesi, sempozyum bildirisi) çalışmaya erişim sağlanmıştır. Bu çalışmaların alt başlıklardaki sayıları Şekil 8’de verilmektedir. Buna göre erişilen çalışmaların yarısından fazlası (%58) Orman Envanteri, Modelleme ve Uzaktan Algılama alt kategorisindedir. Daha sonra %32 oranla Orman Sağlığı ve Koruma, %13 oranla Orman Operasyonları ve Mühendisliği ve %10 oranla Orman Ekolojisi ve Yönetimi kategorilerinde çalışmalar bulunmaktadır. Geriye kalan alt kategorilerde çalışma sayıları bu kategorilere oranla önemli ölçüde azalmaktadır. Çalışmaların yıllara göre durumu incelendiğinde, erişilen çalışmaların 2004 ile 2023 yılları arasında olduğu ve özellikle 2017 yılından itibaren makine öğrenmesi kullanılan ormancılıkla ilgili çalışmaların sayısında üstel bir artış olduğu görülmektedir (Şekil 9).

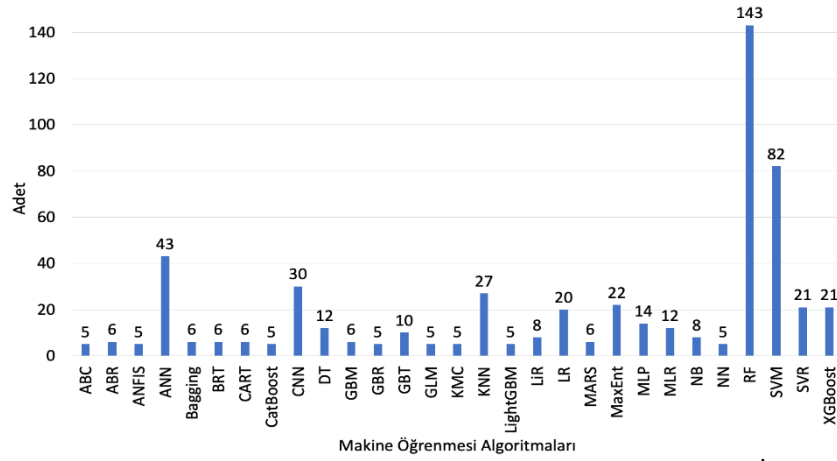


Şekil 8. Ormancılık alt kategorilerinde makine öğrenmesi kullanılan çalışmaların adedi

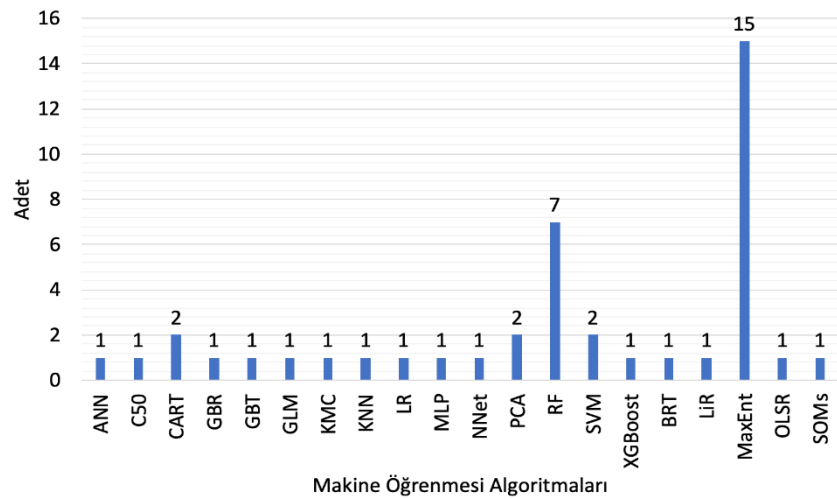


Şekil 9. Ormancılık alt kategorilerinde makine öğrenmesi kullanılan çalışmaların adedi

Araştırmaya konu olan çalışmaların tamamında kullanılan makine öğrenmesi algoritmaları da kullanım sayısı bakımından incelenmiştir. Buna göre 98 adet makine öğrenmesi algoritması ormancılık ile ilgili çalışmalarda kullanılmıştır. Bu algoritmalarından RF algoritması incelenen makalelerin 143 adedinde (%21) en fazla kullanılan algoritma olarak öne çıkmıştır. Daha sonra, incelenen çalışmaların 82 adedinde (%12) olmak üzere ikinci en fazla kullanılan algoritmanın SVM olduğu gözlenmiştir. ANN ise 43 (%6) adet çalışmada kullanılmıştır. Detaylı bilgi vermek amacıyla, derleme kapsamında erişilen çalışmalardan en az beş ve üzerinde olmak üzere algoritmaların kullanım adetleri Şekil 10'da verilmektedir.



Şekil 10. Makine öğrenmesi algoritmalarının kaç adet çalışmada kullanıldığını gösteren grafik (İncelenen çalışmaların en az 5 adedi ve üzerinde kullanılanlar verilmiştir.) (Algoritma isimleri için Çizelge 1'e bakınız.)



Şekil 11. Orman ekolojisi ve yönetimi kategorisindeki çalışmalarda tercih edilen makine öğrenmesi algoritmalarının kullanım sayısı (Algoritma isimleri için Çizelge 1'e bakınız.)

3.1. Orman ekolojisi ve yönetimi

Ormancılığın bu alt kategorisinde makine öğrenmesi kullanılan 24 adet çalışmaya erişim sağlanmıştır (Ek çizelge 1). Bu çalışmalarda kullanılan makine öğrenmesi algoritmaları Şekil 11'de verilmektedir. Buna göre MaxEnt algoritması en çok çalışmada görülen algoritmadır. MaxEnt ile ilgili çalışmaların ağırlıklı olarak habitat uygunluğu ile ilgili çalışmalar olduğu gözlenmiştir.

3.2. Orman ekonomisi, politika ve sosyal bilimler

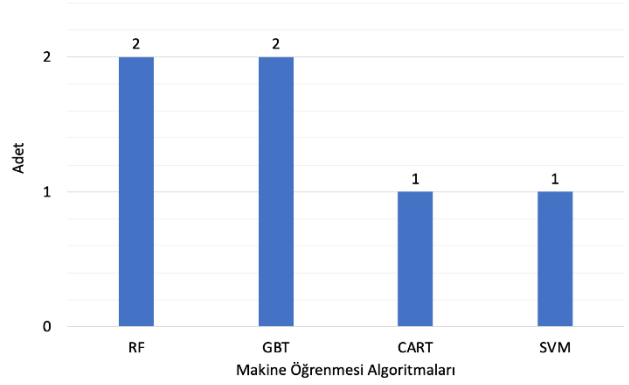
Ormancılığın bu alt kategorisinde makine öğrenmesi kullanılan 3 adet çalışmaya erişilmiştir (Ek Çizelge 2). Bu çalışmalarda kullanılan algoritmalar Şekil 12'de verilmektedir. Görece olarak diğer ormancılık alt kategorileri ile kıyaslandığında çalışma sayısının önemli ölçüde az olduğu gözlenmiştir.

3.3. Orman envanteri, modelleme ve uzaktan algılama

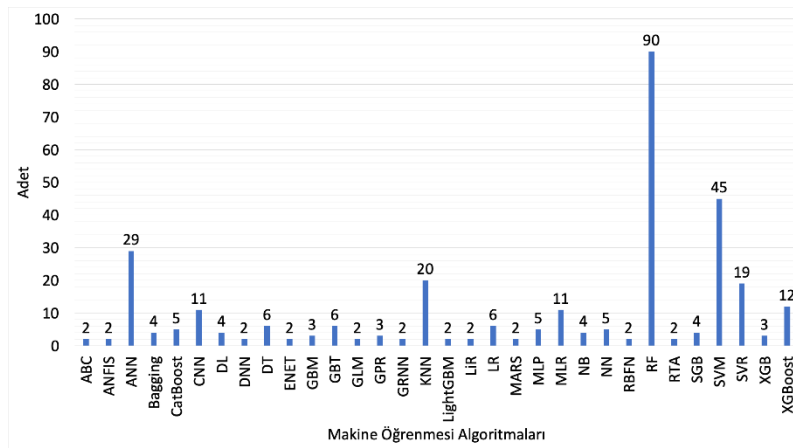
Ormancılığın bu alt kategorisinde literatürde erişilebilen çalışmalar, ki en fazla (135 adet) bu alanda çalışmaya erişilmiştir (Ek Çizelge 3), değerlendirildiğinde 79 adet makine öğrenmesi algoritması kullanıldığı görülmüştür. Bu algoritmalarından en az 2 ve üzeri çalışmada kullanılanlara ait en çok yer alan algoritmalar Şekil 13'de verilmiştir. RF algoritması çalışmalarda en çok kullanılan algoritmadır. ANN, CNN, KNN, MLR, SVM, SVR ve XGBoost algoritmaları ise 10 ve üzeri çalışmada kullanılan diğer makine öğrenmesi algoritmalarıdır.

3.4. Orman operasyonları ve mühendisliği (Üretim, Yol ve Transport)

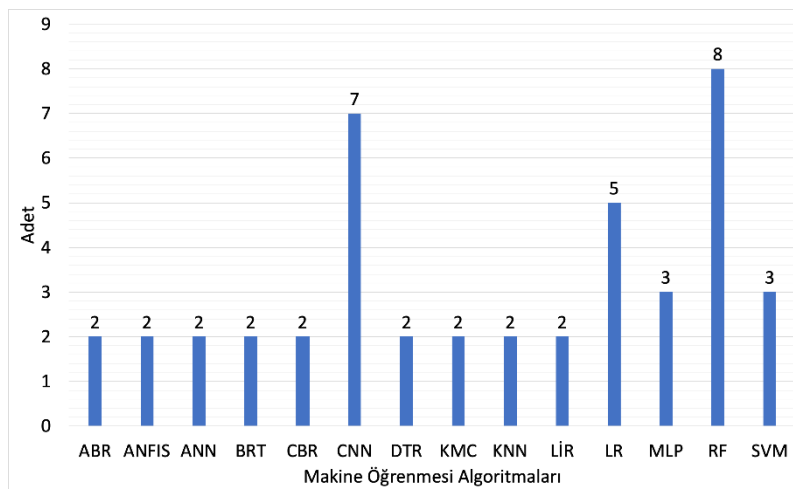
Orman operasyonları ve mühendisliği konusunda makine öğrenmesi tekniklerinin kullanıldığı literatürde son dönemde görece yaygın çalışma (31 adet) bulunmuştur (Ek Çizelge 4). Bu çalışmalarda 38 adet algoritma kullanıldığı gözlenmiştir. Bunlardan RF ve CNN algoritmalarına daha fazla çalışmada rastlanmıştır. Diğer en çok rastlanan algoritma LR'dir (Şekil 14).



Şekil 12. Orman ekonomisi, politika ve sosyal bilimler kategorisindeki çalışmalarda tercih edilen makine öğrenmesi algoritmalarının kullanım sayısı (Algoritma isimleri için Çizelge 1'e bakınız.)



Şekil 13. Orman envanteri, modelleme ve uzaktan algılama kategorisindeki çalışmalarda tercih edilen makine öğrenmesi algoritmalarının kullanım sayısı (İncelenen çalışmaların en az 2 adedi ve üzerinde kullanılanlar verilmiştir.) (Algoritma isimleri için Çizelge 1'e bakınız.)



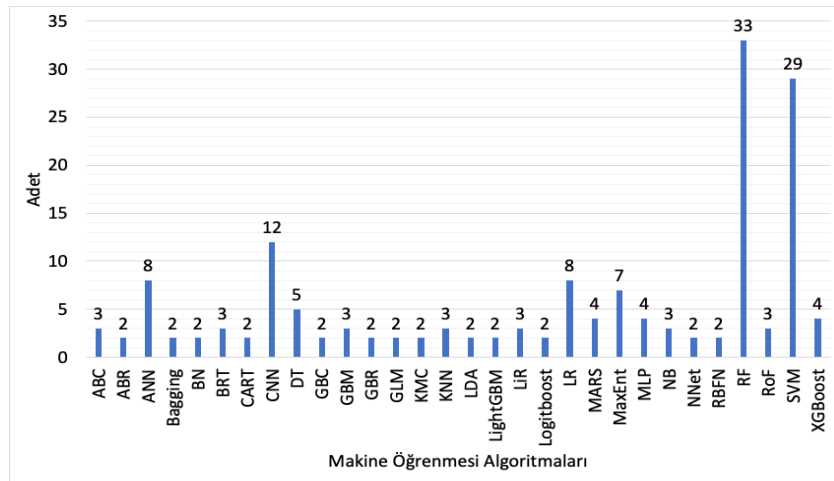
Şekil 14. Orman operasyonları ve mühendisliği kategorisindeki çalışmalarda tercih edilen makine öğrenmesi algoritmalarının kullanım sayısı (İncelenen çalışmaların en az 2 adedi ve üzerinde kullanılanlar verilmiştir.) (Algoritma isimleri için Çizelge 1'e bakınız.)

3.5. Orman sağlığı ve koruma

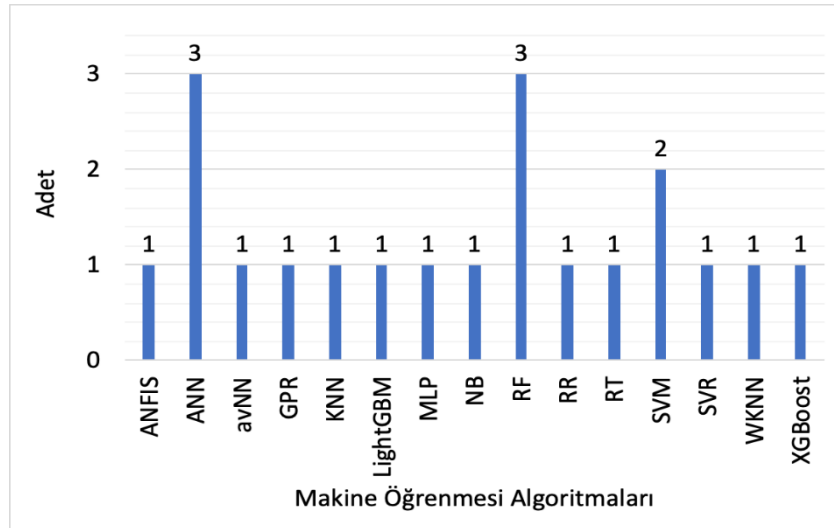
Orman sağlığı ve koruma alt kategorisinde 74 çalışmaya erişilmiştir (Ek izelge 5). Bu çalışmalarda 56 adet makine renmesi algoritması kullanıldığı gözlenlenmiştir. Bunlardan çalışmalarda en fazla kullanılan RF algoritmasıdır. Diğer algoritmaların çalışmalarda kullanım sayıları ile ilgili Şekil 15'te detaylı bilgi verilmiştir. Erişilen çalışmaların büyük çoğunluğu (44 adet) orman yangınlarıyla ilgilidir. Yangın haricinde böcek zararđ, rüzgâr devriği ve kök-gövde çürükçül hastalıklarla ilgili çalışmalar da bulunmaktadır.

3.6. Orman toprağı ve hidrolojisi

Orman toprağı ve hidroloji konusunda makine renmesi tekniklerinin kullanıldığı literatürde oldukça az sayıda ve sınırlı çalışma (6 adet) bulunmuştur (Ek izelge 6). Bu çalışmalarda kullanılan makine renmesi algoritma sayısı 15 olup, RF ve ANN en fazla kullanılan algoritma olarak gözlenmektedir (Şekil 16). Erişilebilen çalışmalarda çoğunlukla toprak nemi haritalama ve modelleme konularının çalışıldığı gözlenmiştir.



Şekil 15. Orman sağlığı ve koruma kategorisindeki çalışmalarda tercih edilen makine renmesi algoritmalarının kullanım sayısı. (İncelenen çalışmaların en az 2 adedi ve üzerinde kullanılanlar verilmiştir.) (Algoritma isimleri için izelge 1'e bakınız.)



Şekil 16. Orman toprağı ve hidrolojisi kategorisindeki çalışmalarda tercih edilen makine renmesi algoritmalarının kullanım sayısı (Algoritma isimleri için izelge 1'e bakınız.)

4. Tartışma ve Sonuç

Gelişen teknolojiye bağlı bilgisayarların hesaplama gücünün artması ile çağımızın önemli ve son dönemlerde çok daha yoğun şekilde çalışılan alanlardan biri olan makine öğrenmesi ve veri biliminin pek çok disiplinde modern uygulamalarla bütünlük olarak kullanıldığı görülmektedir. Durum böyle iken bütün karar verme süreçlerinde bilgiye her daim ihtiyaç duyan ormancılıkta da makine öğrenmesinin kullanımı kaçınılmaz olmaktadır. Ormancılıkta yapay zekâ ve makine öğrenmesi, orman yönetimi ve karar verme süreçlerine daha akıllı ve veri odaklı bir yaklaşım getirmek için kullanılan teknolojilerdir. Ormancılıkta yapay zekâ ve makine öğrenmesi kullanımına ilişkin genel değerlendirme yapıldığında, habitat modellemesi, bitki ve hayvan türlerinin dağılımının tahmini, orman yangınları, biyo-kütle tahmini, hastalık ve zararlılar, planlama, orman kaynaklarının izlenmesi gibi çok çeşitli konularda çalışmalara rastlanmaktadır. Orman yönetimi ve karar verme süreçlerini optimize ederek ormancılık uygulamalarını daha sürdürülebilir ve etkili hale getirmektedir. Yapılan derleme kapsamında da gözlenmiştir ki özellikle 2017 yılı sonrası literatürde yapılan çalışma sayılarında üstel bir artış söz konusudur. Çalışma kapsamında ormancılığın hangi alt alanında makine öğrenmesinin daha yoğun kullanıldığını belirlemek amacıyla ormancılık çalışma konuları 6 alt kategoride değerlendirilmiştir. Ormancılık çalışma konularından “Orman Envanteri, Modelleme ve Uzaktan Algılama” kategorisinde en fazla çalışmaya rastlanmıştır. Erişilen çalışmaların %58’i bu alanda yapılan çalışmalardır. Bu durumun sebebi özellikle uzaktan algılama teknikleriyle birlikte makine öğrenmesinin kullanımındaki yoğunluktan kaynaklanmaktadır. Benzer bir durum Orman Sağlığı ve Koruma kategorisi için de geçerlidir. Çünkü özellikle orman yangınlarıyla ilgili çalışmalarda uzaktan algılama ve CBS’nin kullanılması kaynaklıdır. Temel olarak haritalama ve modelleme konularında çalışmalar olduğunu söylemek mümkündür.

Ormancılık alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde 98 adet makine öğrenmesi algoritmasının kullanıldığı, bunlar arasında en çok tercih edilen algoritmanın RF algoritması olduğu belirlenmiştir. Daha sonra SVM, ANN, CNN, KNN gibi çeşitli algoritmalar da son dönemde sıklıkla kullanılmaktadır. Denetimli öğrenme kategorisinde yer alan RF algoritması, makine öğrenmesinde sınıflandırma ve regresyon problemlerini çözmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu algoritma, birden fazla karar ağacının (decision tree) bir araya gelerek oluşturduğu bir topluluk (ensemble) yöntemidir. RF algoritmasının diğer algoritmalara göre daha fazla tercih edilmesinin nedenleri şu şekilde özetlenebilir. RF algoritması, sınıflandırma ve regresyon problemlerinde birden fazla karar ağacının bir araya gelmesi sayesinde, her bir ağacın kendi başına verdiği tahminin birleştirilerek daha doğru bir sonuç elde edilmesine imkân sağlayarak yüksek doğruluk sağlayabilmektedir. RF algoritması ayrıca hem büyük boyutlu veri setleri üzerinde hızlı ve etkili bir şekilde çalışabilmekte, hem de veri setindeki gürültülü veya eksik verilerle de iyi başa çıkabilmektedir. Bir diğer avantajı ise veri setinin boyutuna ve ölçeğine çok fazla duyarlı olmamasıdır. Bu nedenle hem küçük hem de büyük boyutlu veri setleri üzerinde etkili bir şekilde çalışabilmektedir. Makine öğrenmesinde önemli işlem adımlarından olan özellik seçimi konusunda da daha etkilidir. Veri setindeki önemli özelliklerin belirlenmesine yardımcı

olabilir ve bu özelliklerin sınıflandırma veya regresyon modeline dâhil edilmesini sağlayabilmektedir. RF algoritması, aşırı uyum (overfitting) sorununu önleyebildiği için de diğer algoritmalara göre daha iyi bir genelleştirme yeteneğine sahiptir. Buraya kadar bahsedilen bütün bu avantajları nedeniyle diğer algoritmalara göre daha fazla tercih edildiği söylenebilir.

MaxEnt modeli de RF algoritması gibi ormancılıkta son dönemde çalışmalarda sıklıkla kullanılmakta olup, ormancılıkta çeşitli uygulamaları (örneğin habitat modellemesi, tür dağılım tahmini, orman yangını tahmini gibi) söz konusudur. MaxEnt modelinin ormancılıkta son dönemde sık kullanılmasının nedenleri şu şekilde özetlenebilir. MaxEnt modeli, sınırlı veri ile çalışabilme yeteneğine sahiptir ve ormancılık verileri de genellikle sınırlı ve eksik olabilmektedir. MaxEnt modeli, veri bütünlüğü eksikliği durumunda bile doğru sonuçlar elde etmek için esnek bir yaklaşım sunabilmektedir. Ayrıca MaxEnt modeli, doğru sonuçlar elde etmek için yüksek tahmin doğruluğu sunabilirken, bu da ormancılıkta doğru tahminler yapmak ve karar verme süreçlerini desteklemek için önemli olmaktadır. MaxEnt modeli, ormancılıkta çoklu değişkenlerin (örneğin iklim verileri, toprak özellikleri, orman türü gibi) kullanıldığı karmaşık modellere uygulanabilmesi de söz konusudur. Bu durum, ormancılık sistemlerinin daha gerçekçi ve kapsamlı bir şekilde modellenmesini sağlayabilmektedir. Bütün bunlara ek olarak MaxEnt modeli, dengesiz veri kümesiyle çalışma yeteneğine sahiptir. Ormancılık verilerinde sınıfl dengesizlikleri söz konusu olabilmektedir. Örneğin nadir türlerin veri kümesi sınırlı olabilir. MaxEnt modeli, sınıfl dengesizliklerini dikkate alarak doğru sonuçlar elde etmek için kullanılabilir. Yine kullanıcı dostu arayüzler ve yazılım araçları ile kullanıcıların modeli kolayca kullanmasına olanak tanınmakta olup ormancılık uzmanlarının ve karar vericilerin modeli etkili bir şekilde kullanmasını kolaylaştırabilmektedir. Bu avantajlar, MaxEnt modelinin ormancılıkta kullanımını destekleyebilmekte ve ormancılık yönetimi ve karar verme süreçlerine katkıda bulunabilmektedir.

Yapılan çalışmalarda amaçlar doğrultusunda tekil olarak bir makine öğrenmesi algoritması kullanılabildiği gibi farklı makine öğrenmesi algoritmalarının performans karşılaştırmalarını hedefleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Dolayısıyla ormancılık uygulamalarına makine öğrenmesi entegre edinilmeye çalışılırken, en doğru, ucuz ve etkin çözümlerin ortaya konulması da hedeflenmektedir. Ancak ormancılık alanında makine öğrenmesini kullanan araştırmacıların spesifik olarak o konuda uzman olmama ihtimalleri dikkate alındığında, makine öğrenmesi ile model oluşturmada başarıyı önemli ölçüde etkileyen verileri ön-ışleme ve temizleme, uygun özellik seçme, hiper parametre optimizasyonu gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu handikapların ortadan kaldırılmasına yönelik olarak ise otomatik makine öğrenmesi yaklaşımı da özellikle son yıllarda pek çok disiplinde uygulama alanı bulabilmektedir. Ancak ormancılık alanında otomatik makine öğrenmesinin (AutoML) henüz yeteri kadar çalışmadığı erişilen literatür incelemesinden görülmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde makine öğrenmesinin gelecekteki potansiyel kullanımının ormancılık disiplini açısından bu konuya yönelim göstereceği değerlendirilebilir.

Kaynaklar

- Achu, A. L., Thomas, J., Aju, C. D., Gopinath, G., Kumar, S., Reghunath, R., 2021. Machine-learning modelling of fire susceptibility in a forest-agriculture mosaic landscape of southern India. *Ecological Informatics*, 64, 101348.
- Aghalarova, S., Bozkurt Keser, S., 2022. AutoML tekniği uygulayarak öğrencilerin akademik performanslarının tahmin edilmesi. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(2): 394-412.
- Ågren, A. M., Larson, J., Paul, S. S., Laudon, H., Lidberg, W., 2021. Use of multiple LIDAR-derived digital terrain indices and machine learning for high-resolution national-scale soil moisture mapping of the Swedish forest landscape. *Geoderma*, 404, 115280.
- Ahmadi, K., Kalantar, B., Saeidi, V., Harandi, E. K., Janizadeh, S., Ueda, N., 2020. Comparison of machine learning methods for mapping the stand characteristics of temperate forests using multi-spectral sentinel-2 data. *Remote Sensing*, 12(18), 3019.
- Akıncı, H.A., Akıncı, H., 2023. Machine learning based forest fire susceptibility assessment of Manavgat district (Antalya), Turkey. *Earth Science Informatics*, 16(1):397-414.
- Akyol, A., Örüçü, Ö.K., 2020. Investigation and evaluation of stone pine (*Pinus pinea* L.) current and future potential distribution under climate change in Turkey. *Cerne*, 25(4):415-423.
- Akyüz, T., 2019. Bursa Orman Bölge Müdürlüğü'nde Yangın Tehlikesinin Modellenmesi ve Haritalanması. Doktora tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Allen, M.J., Grieve, S.W., Owen, H.J., Lines, E. R., 2022. Tree species classification from complex laser scanning data in Mediterranean forests using deep learning. *Methods in Ecology and Evolution*, DOI: 10.1111/2041-210X.13981 .
- Almeida, R.O., Munis, R.A., Camargo, D.A., da Silva, T., Sasso Júnior, V.A., Simões, D., 2022. Prediction of Road Transport of Wood in Uruguay: Approach with Machine Learning. *Forests*, 13(10), 1737.
- Arjasakusuma, S., Swahyu Kusuma, S., Phinn, S., 2020. Evaluating variable selection and machine learning algorithms for estimating forest heights by combining lidar and hyperspectral data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(9), 507.
- Arslan, E.S., Akyol, A., Örüçü, Ö.K., Sarıkaya, A.G., 2020. Distribution of rose hip (*Rosa canina* L.) under current and future climate conditions. *Regional Environmental Change*, 20(3), 107.
- Asadi, H., Dowling, R., Yan, B., Mitchell, P., 2014. Machine learning for outcome prediction of acute ischemic stroke post intra-arterial therapy. *PLoS ONE*, 9, DOI: 10.1371/journal.pone.88225 .
- Ataş, M., & Talay, A., 2022. Development of Automatic Tree Counting Software from UAV Based Aerial Images With Machine Learning. *arXiv preprint*, DOI: 10.48550/arXiv.2201.02698 .
- Atkins, J.W., Bond-Lamberty, B., Fahey, R.T., Haber, L.T., Stuart-Haëntjens, E., Hardiman, B.S., LaRue, E., McNeil, B.E., Orwig, D.A., Stovall, A.E.L., Tallant, J.M., Walter, J.A., Gough, C. M., 2020. Application of multidimensional structural characterization to detect and describe moderate forest disturbance. *Ecosphere*, 11(6), DOI: 10.1002/ecs2.3156 .
- Attarchi, S., Gloaguen, R., 2014. Classifying complex mountainous forests with L-Band SAR and landsat data integration: a comparison among different machine learning methods in the hyrcanian forest. *Remote Sensing*, 6(5):3624-3647.
- Ayan, S., Bugday, E., Varol, T., Özel, H.B., Thurm, E.A., 2022. Effect of climate change on potential distribution of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) in the twenty-first century in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 148(1-2):165-177.
- Aybar-Ruiz, A., Jiménez-Fernández, S., Cornejo-Bueno, L., Casanova-Mateo, C., Sanz-Justo, J., Salvador-González, P., Salcedo-Sanz, S., 2016. A novel grouping genetic algorithm-extreme learning machine approach for global solar radiation prediction from numerical weather models inputs. *Solar Energy*, 132:129-142.
- Babalik, A.A., Sarıkaya, O., Orucu, O.K., 2021. The Current and future compliance areas of Kermes Oak (*Quercus coccifera* L.) under climate change in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(01):406-413.
- Balasso, M., Hunt, M., Jacobs, A., O'Reilly-Wapstra, J., 2022. Development of a segregation method to sort fast-grown Eucalyptus nitens (H. Deane & Maiden) Maiden plantation trees and logs for higher quality structural timber products. *Annals of Forest Science*, 79(1):1-15.
- Balestra, M., Chiappini, S., Malinverni, E.S., Galli, A., Marcheggiani, E., 2021. A Machine Learning Approach for Mapping Forest Categories: An Application of Google Earth Engine for the Case Study of Monte Sant'Angelo, Central Italy. In *Computational Science and Its Applications-ICCSA 2021: 21st International Conference, Cagliari, Italy, September 13-16, Proceedings, Part VII 21* (pp. 155-168). Springer International Publishing.
- Bar, S., Parida, B.R., Pandey, A.C., 2020. Landsat-8 and Sentinel-2 based Forest fire burn area mapping using machine learning algorithms on GEE cloud platform over Uttarakhand, Western Himalaya. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18, DOI:10.1016/j.rsase.2020.100324 .
- Barboza, F., Kimura, H., Altman, E., 2017. Machine learning models and bankruptcy prediction. *Expert Systems with Applications*, 83: 405-417.
- Bayraktar, C., 2022. Endüstri 4.0 için bir anomali tespit sistemi çerçeve geliştirilmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Ankara.
- Becker, R.M., Keefe, R.F., 2022. A novel smartphone-based activity recognition modeling method for tracked equipment in forest operations. *Plos one*, 17(4), DOI: 10.1371/journal.pone.0266568 .
- Beker, T., 2019. Big data and machine learning for global evaluation of habitat suitability of European forest species. Msc Dissertation, Politecnico di Milano, Italy.
- Bera, B., Shit, P.K., Sengupta, N., Saha, S., Bhattacharjee, S., 2022. Forest fire susceptibility prediction using machine learning models with resampling algorithms, Northern part of Eastern Ghat Mountain range (India). *Geocarto International*, 37(1):1-26, DOI:10.1080/10106049.2022.2060323 .
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J., Grebner, D.L., 2016. *Forest management and planning*. Academic Press, USA.
- Bhatnagar, S., Puliti, S., Talbot, B., Heppelmann, J.B., Breidenbach, J., Astrup, R., 2022. Mapping wheel-ruts from timber harvesting operations using deep learning techniques in drone imagery. *Forestry*, 95(5):698-710.
- Blumroeder, J.S., Burova, N., Winter, S., Goroncy, A., Hobson, P.R., Shegolev, A., Dobrynin, D., Amosova, I., Iliina, O., Parinova, T., Volkov, A., Graebener, U.F., Ibsch, P. L., 2019. Ecological effects of clearcutting practices in a boreal forest (Arkhangelsk Region, Russian Federation) both with and without FSC certification. *Ecological Indicators*, 106, DOI:10.1016/j.ecolind.2019.105461.
- Bohanec, M., Kljajić Borštnar, M., Robnik-Šikonja, M., 2017. Explaining machine learning models in sales predictions. *Expert Systems with Applications*, 71: 416-428, DOI: 10.1016/j.eswa.2016.11.010.
- Bolat, F., Ercanli, I., & Günlü, A., 2023. Yield of forests in Ankara Regional Directory of Forestry in Turkey: comparison of regression and artificial neural network models based on statistical and biological behaviors. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 16(1):30-37, DOI: 10.3832/ifor4116-015.
- Bonannella, C., Hengl, T., Heisig, J., Parente, L., Wright, M. N., Herold, M., De Bruin, S., 2022. Forest tree species distribution for Europe 2000-2020: mapping potential and realized distributions using spatiotemporal machine learning. *PeerJ*, 10, DOI: 10.7717/peerj.13728.
- Borz, S.A., Cheta, M., Bîrda, M., Proto, A.R., 2022. Classifying operational events in cable yarding by a machine learning application to GNSS-collected data: A case study on gravity-assisted downhill yarding. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering*, 15(64)(1):13-32, DOI:10.31926/but.fwiafe.2022.15.64.1.2.
- Brigot, G., Simard, M., Colin-Koenuer, E., Boulch, A., 2019. Retrieval of forest vertical structure from PolInSAR data by machine learning using LIDAR-derived features. *Remote Sensing*, 11(4):381, DOI: 10.3390/rs11040381.
- Brovelli, M. A., Sun, Y., Yordanov, V., 2020. Monitoring forest change in the amazon using multi-temporal remote sensing data and machine learning classification on Google Earth Engine. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(10):580.
- Bugday, E., 2018. Application of artificial neural network system based on ANFIS using GIS for predicting forest road network suitability mapping. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(3):1656-1668.
- Bugday, E., 2022. A GIS based landslide susceptibility mapping using machine learning and alternative forest road routes assessment in protection forests. *Şumarski list*, 146(3-4):137-147.

- Bui, D.T., Hoang, N. D., Samui, P., 2019. Spatial pattern analysis and prediction of forest fire using new machine learning approach of Multivariate Adaptive Regression Splines and Differential Flower Pollination optimization: A case study at Lao Cai province (Viet Nam). *Journal of environmental management*, 237:476-487.
- Bui, D.T., Van Le, H., Hoang, N.D., 2018. GIS-based spatial prediction of tropical forest fire danger using a new hybrid machine learning method. *Ecological Informatics*, 48:104-116.
- Bulut, S., 2023. Machine learning prediction of above-ground biomass in pure Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands of the Mediterranean region, Türkiye. *Ecological Informatics*, 74, DOI: 10.1016/j.ecoinf.2022.101951.
- Bulut, S., Günlü, A., Çakır, G., 2022. Modelling some stand parameters using Landsat 8 OLI and Sentinel-2 satellite images by machine learning techniques: a case study in Turkey. *Geocarto International*, (just-accepted), 38:1-19, DOI: 10.1080/10106049.2022.2158238 .
- Caffaratti, G.D., Marchetta, M.G., Euillades, L.D., Euillades, P.A., Forradellas, R.Q., 2021. Improving forest detection with machine learning in remote sensing data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 24, 100654.
- Campos-Vargas, C., Sanchez-Azofeifa, A., Laakso, K., Marzahn, P., 2020. Unmanned aerial system and machine learning techniques help to detect dead woody components in a tropical dry forest. *Forests*, 11(8):827.
- Chaubey, P., Yadav, N. J., Chaurasiya, A., Ranbhise, S., 2020. Forest Fire Prediction System using Machine Learning. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 8(12):539-546.
- Chen, G., Hay, G. J., St-Onge, B., 2012. A GEOBIA framework to estimate forest parameters from lidar transects, Quickbird imagery and machine learning: A case study in Quebec, Canada. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 15:28-37.
- Chen, L., Ren, C., Zhang, B., Wang, Z., Xi, Y., 2018. Estimation of forest above-ground biomass by geographically weighted regression and machine learning with sentinel imagery. *Forests*, 9(10):582.
- Cramer, S., Kampouridis, M., Freitas, A.A., Alexandridis, A.K., 2017. An extensive evaluation of seven machine learning methods for rainfall prediction in weather derivatives. *Expert Systems with Applications*, 85:169-181.
- Crisigiovanni, E. L., Filho, A. F., Pesck, V. A., de Lima, V.A., 2021. Potential of machine learning and WorldView-2 images for recognizing endangered and invasive species in the Atlantic Rainforest. *Annals of Forest Science*, 78(2):54.
- Csillik, O., Kumar, P., Mascaro, J., O'Shea, T., Asner, G. P., 2019. Monitoring tropical forest carbon stocks and emissions using Planet satellite data. *Scientific reports*, 9(1): 1-12.
- Çalışkan, E., & Sevim, Y., 2022. Forest road extraction from orthophoto images by convolutional neural networks. *Geocarto International*, 1-15.
- Çoban, H. O., Örüçü, Ö. K., Arslan, E. S., 2020. MaxEnt modeling for predicting the current and future potential geographical distribution of *Quercus libani* Olivier. *Sustainability*, 12(7), 2671.
- D'Amico, G., Francini, S., Giannetti, F., Vangi, E., Travaglini, D., Chianucci, F., Mattioli, W., Grotti, M., Puletti, N., Corona, P. & Chirici, G., 2021 A deep learning approach for automatic mapping of poplar plantations using Sentinel-2 imagery, *GIScience & Remote Sensing*, 58:8, 1352-1368, DOI: 10.1080/15481603.2021.1988427
- Dai, S., Zheng, X., Gao, L., Xu, C., Zuo, S., Chen, Q., Wei, X., Ren, Y., 2021. Improving plot-level model of forest biomass: A combined approach using machine learning with spatial statistics. *Forests*, 12(12), 1663, DOI: 10.3390/f12121663
- Dalir, P., Naghdi, R., Gholami, V., Tavankar, F., Latterini, F., Venanzi, R., Picchio, R., 2022. Risk assessment of runoff generation using an artificial neural network and field plots in road and forest land areas. *Natural Hazards*, 113(3):1451-1469.
- Dalla Corte, A.P., Souza, D.V., Rex, F.E., Sanquetta, C.R., Mohan, M., Silva, C.A., ... & Broadbent, E.N., 2020. Forest inventory with high-density UAV-Lidar: Machine learning approaches for predicting individual tree attributes. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179, DOI: 10.1016/j.compag.2020.105815
- Dampage, U., Bandaranayake, L., Wanasinghe, R., Kottahachchi, K., Jayasanka, B., 2022. Forest fire detection system using wireless sensor networks and machine learning. *Scientific reports*, 12(1):46.
- Dang, A.T.N., Nandy, S., Srinet, R., Luong, N.V., Ghosh, S., Kumar, A.S., 2019. Forest aboveground biomass estimation using machine learning regression algorithm in Yok Don National Park, Vietnam. *Ecological Informatics*, 50:24-32.
- de Oliveira, V.A., Rodrigues, A.F., Morais, M.A.V., Terra, M.D.C.N.S., Guo, L., & de Mello, C.R., 2021. Spatiotemporal modelling of soil moisture in an Atlantic forest through machine learning algorithms. *European Journal of Soil Science*, 72(5), 1969-1987.
- Dimou, V., Demertzis, K., Kantartzis, A., 2023. Harvesting wind damaged trees: a study of prediction of windthrow damage in mixed-broadleaf stands via a machine learning model. *International Journal of Forest Engineering*, 1-15.
- Doody, T.M., Benyon, R.G., Gao, S., 2023. Fine scale 20-year timeseries of plantation forest evapotranspiration for the Lower Limestone Coast. *Hydrological Processes*, e14836.
- dos Reis, A.A., Carvalho, M.C., de Mello, J.M., Gomide, L.R., Ferraz Filho, A.C., & Acerbi Junior, F.W., 2018. Spatial prediction of basal area and volume in Eucalyptus stands using Landsat TM data: an assessment of prediction methods. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 48(1):1-17, DOI: 10.1186/s40490-017-0108-0 .
- Dou, X., Yang, Y., Luo, J., 2018. Estimating forest carbon fluxes using machine learning techniques based on eddy covariance measurements. *Sustainability*, 10(1):203.
- Doyle, C., Beach, T., Luzzadder-Beach, S., 2021. Tropical forest and wetland losses and the role of protected areas in Northwestern Belize, revealed from landsat and machine learning. *Remote Sensing*, 13(3):379.
- Duan, X., Li, J., & Wu, S., 2022. MaxEnt Modeling to Estimate the Impact of Climate Factors on Distribution of *Pinus densiflora*. *Forests*, 13(3):402. DOI: 10.3390/f13030402.
- Dube, T., Mutanga, O., Adam, E., Ismail, R., 2014. Intra-and-inter species biomass prediction in a plantation forest: testing the utility of high spatial resolution spaceborne multispectral rapideye sensor and advanced machine learning algorithms. *Sensors*, 14(8):15348-15370.
- Dwiasnati, S., Devianto, Y., 2021. Classification of forest fire areas using machine learning algorithm. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 3(1):008-015.
- Eckhart, T., Pötzelsberger, E., Koeck, R., Thom, D., Lair, G. J., van Loo, M., Hasenauer, H., 2019. Forest stand productivity derived from site conditions: an assessment of old Douglas-fir stands (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*) in Central Europe. *Annals of forest science*, 76:1-11.
- Eker, R., Aydin, A., 2014. Assessment of forest road conditions in terms of landslide susceptibility: a case study in Yığılca Forest Directorate (Turkey). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(2):281-290.
- Elmas, B., 2021. Identifying species of trees through bark images by convolutional neural networks with transfer learning method. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36(3):1254-1269.
- Elschewey, A.M., Elsonbaty, A.A., 2020. Forest Fires Detection Using Machine Learning Techniques. *Journal of Xi'an University of Architecture & Technology*, 12(IX).
- Ercanlı, İ., 2020. Innovative deep learning artificial intelligence applications for predicting relationships between individual tree height and diameter at breast height. *Forest Ecosystems*, 7(1):1-18.
- Ercanlı, İ., Bolat, M.Ş.F., 2022. A major challenge to machine learning models: Compatible predictions with biological realism in forestry: A case study of individual tree volume.
- Eslami, R., Azarnoush, M., Kialashki, A., Kazemzadeh, F., 2021. GIS-based forest fire susceptibility assessment by random forest, artificial neural network and logistic regression methods. *Journal of Tropical Forest Science*, 33(2):173-184.
- Esmkhani, A., Erfanfard, Y., Darvishi Boloorani, A., Neysani Samany, N., 2022. Species recognition of *Pistacia* and *Amygdalus* individuals using combination of UAV-based RGB imagery and digital surface model. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 29(3):93-111.
- Fajardo, A., Llancabure, J.C., & Moreno, P.C., 2022. Assessing forest degradation using multivariate and machine-learning methods in the Patagonian temperate rain forest. *Ecological Applications*, 32(2), e2495. DOI: 10.1002/eap.2495.

- Fan, J., Han, F., Liu, H., 2014. Challenges of big data analysis. *National Science Review*, 1(2): 293-314.
- Fang, K., Shen, C., Kifer, D., Yang, X., 2017. Prolongation of SMAP to spatiotemporally seamless coverage of continental U.S. using a deep learning neural network. *Geophysical Research Letters*, 44(21): 11-030.
- FAO & ITPS, 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy 648p.
- Fararoda, R., Reddy, R.S., Rajashekar, G., Chand, T.K., Jha, C.S., Dadhwal, V.K., 2021. Improving forest above ground biomass estimates over Indian forests using multi source data sets with machine learning algorithm. *Ecological Informatics*, 65, 101392.
- Feng, Y., Audy, J.F., 2020. Forestry 4.0: a framework for the forest supply chain toward Industry 4.0. *Gestão & Produção*, 27.
- Fidanboy, M., Okyay, S., 2022. Derin öğrenmeye dayalı orman yangını tahmin modeli geliştirilmesi ve Türkiye yangın risk haritasının oluşturulması. *Ormançılık Araştırma Dergisi*, 9(2):206-218.
- Firebanks-Quevedo, D., Planas, J., Buckingham, K., Taylor, C., Silva, D., Naydenova, G., Zamora-Cristales, R., 2022. Using machine learning to identify incentives in forestry policy: Towards a new paradigm in policy analysis. *Forest Policy and Economics*, 134, 102624.
- Firebanks-Quevedo, Daniel, Planas, J., Buckingham, K., Taylor, C., Silva, D., Naydenova, G., Zamora-Cristales, R. 2022. Using machine learning to identify incentives in forestry policy: Towards a new paradigm in policy analysis. *Forest Policy and Economics*, 134, DOI: 10.1016/j.forpol.2021.102624.
- Fragni, R., Trifirò, A., Nucci, A., Seno, A., Allodi, A., Di Rocco, M., 2018. Italian tomato-based products authentication by multi-element approach: A mineral elements database to distinguish the domestic provenance. *Food Control*, 93:211–218.
- Furuya, D.E.G., Aguiar, J.A.F., Estrabis, N.V., Pinheiro, M.M.F., Furuya, M.T.G., Pereira, D.R., ... & Ramos, A.P.M., 2020. A machine learning approach for mapping forest vegetation in riparian zones in an Atlantic Biome Environment using Sentinel-2 imagery. *Remote Sensing*, 12(24), DOI: 10.3390/rs12244086.
- G. Selvi Et Al., 2021. Automated Machine Learning Platform Otomatik Makine Öğrenmesi Platformu. 6th International Conference on Computer Science and Engineering, UBMK 2021, pp.769-774, Ankara, Turkey.
- Gao, W., Qiu, Q., Yuan, C., Shen, X., Cao, F., Wang, G., Wang, G., 2022. Forestry Big Data: A Review and Bibliometric Analysis. *Forests*, 13(10), 1549.
- García-Gutiérrez, J., Martínez-Álvarez, F., Troncoso, A., Riquelme, J.C., 2015. A comparison of machine learning regression techniques for LiDAR-derived estimation of forest variables. *Neurocomputing*, 167, 24-31.
- Garzon, M.B., Blazek, R., Neteler, M., De Dios, R.S., Ollero, H.S., Furlanello, C., 2006. Predicting habitat suitability with machine learning models: the potential area of *Pinus sylvestris* L. in the Iberian Peninsula. *Ecological modelling*, 197(3-4):383-393.
- Gastaldo, P., Pinna, L., Seminara, L., Valle, M., Zunino, R., 2015. A tensor-based approach to touch modality classification by using machine learning. *Rob. Auton. Syst.*, 63:268–278.
- Ge, S., Gu, H., Su, W., Praks, J., Antropov, O., 2022. Improved semisupervised unet deep learning model for forest height mapping with satellite sar and optical data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 15, 5776-5787.
- Ghosh, S.M., Behera, M.D., 2018. Aboveground biomass estimation using multi-sensor data synergy and machine learning algorithms in a dense tropical forest. *Applied Geography*, 96, 29-40.
- Ghosh, S.M., Behera, M.D., Paramanik, S., 2020. Canopy height estimation using sentinel series images through machine learning models in a mangrove forest. *Remote Sensing*, 12(9), 1519.
- Gleason, C.J., Im, J., 2012. Forest biomass estimation from airborne LiDAR data using machine learning approaches. *Remote Sensing of Environment*, 125, 80-91.
- Gonçalves, S.B., Fiedler, N.C., Silva, J.P.M., da Silva, G.F., da Silva, M.L.M., Minette, L.J., ... & Filho, R.N.D.A., 2021. Machine learning techniques to estimate mechanised forest cutting productivity. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 83(4):276-283, DOI:10.2989/20702620.2021.1994342 .
- Görgens, E.B., Montaghi, A., Rodriguez, L.C.E., 2015. A performance comparison of machine learning methods to estimate the fast-growing forest plantation yield based on laser scanning metrics. *Computers and Electronics in Agriculture*, 116:221-227.
- Grabska, E., Frantz, D., Ostapowicz, K., 2020. Evaluation of machine learning algorithms for forest stand species mapping using Sentinel-2 imagery and environmental data in the Polish Carpathians. *Remote Sensing of Environment*, 251, 112103.
- Grebner, D.L., Bettinger, P., Siry, J., Boston, K., 2021. Introduction to forestry and natural resources. Academic press.
- Grondin, V., Fortin, J. M., Pomerleau, F., Giguère, P., 2023. Tree detection and diameter estimation based on deep learning. *Forestry*, 96(2):264-276.
- Günlü, A., Ercanlı, İ., 2020. Artificial neural network models by ALOS PALSAR data for aboveground stand carbon predictions of pure beech stands: a case study from northern of Turkey. *Geocarto International*, 35(1):17-28.
- Hamdi, Z.M., Brandmeier, M., Straub, C., 2019. Forest damage assessment using deep learning on high resolution remote sensing data. *Remote Sensing*, 11(17), 1976.
- Hamidi, S.K., Zenner, E.K., Bayat, M., Fallah, A., 2021. Analysis of plot-level volume increment models developed from machine learning methods applied to an uneven-aged mixed forest. *Annals of Forest Science*, 78:1-16.
- Hamilton, D., Brothers, K., McCall, C., Gautier, B., Shea, T., 2021. Mapping forest burn extent from hyperspatial imagery using machine learning. *Remote Sensing*, 13(19), 3843.
- Han, H., Wan, R., Li, B., 2021. Estimating forest aboveground biomass using Gaofen-1 images, Sentinel-1 images, and machine learning algorithms: A case study of the Dabie Mountain Region, China. *Remote Sensing*, 14(1):176.
- Han, L., Yang, G., Dai, H., Xu, B., Yang, H., Feng, H., ... & Yang, X., 2019. Modeling maize above-ground biomass based on machine learning approaches using UAV remote-sensing data. *Plant methods*, 15(1):1-19, DOI:10.1186/s13007-019-0394-z .
- Haq, M.A., Rahaman, G., Baral, P., Ghosh, A., 2021. Deep learning based supervised image classification using UAV images for forest areas classification. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49:601-606.
- Hart, E., Sim, K., Kamimura, K., Meredieu, C., Guyon, D., Gardiner, B., 2019. Use of machine learning techniques to model wind damage to forests. *Agricultural and forest meteorology*, 265:16-29.
- Hartley, F. M., Maxwell, A. E., Landenberger, R. E., Bortolot, Z. J., 2022. Forest Type Differentiation Using GLAD Phenology Metrics, Land Surface Parameters, and Machine Learning. *Geographies*, 2(3):491-515.
- He, J., Fan, C., Geng, Y., Zhang, C., Zhao, X., & Gadow, K. V., 2022. Assessing scale-dependent effects on Forest biomass productivity based on machine learning. *Ecology and Evolution*, 12(7), DOI: 10.1002/ece3.9110 .
- Heidari, M. J., Najafi, A., & Borges, J. G., 2022. Forest roads damage detection based on deep learning algorithms. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 37(5-8):366-375.
- Helms, J.A. (Ed.), 1998. *The Dictionary of Forestry*. Society of American Foresters, Bethesda, MD.
- Hirigoyen, A., Acosta-Muñoz, C., Salamanca, A. J. A., Varo-Martinez, M. A., Rachid-Casnatí, C., Franco, J., Navarro-Cerrillo, R., 2021. A machine learning approach to model leaf area index in Eucalyptus plantations using high-resolution satellite imagery and airborne laser scanner data. *Annals of Forest Research*, 64(2):165-183.
- Holmström, E., Raatevaara, A., Pohjankukka, J., Korpunen, H., Uusitalo, J., 2023. Tree log identification using convolutional neural networks. *Smart Agricultural Technology*, 4, 100201.
- Hossain, J., & Halder, T., 2022. Quantifying forest cover changes in response to climate change using a machine learning model. *Journal of Research in Environmental and Earth Sciences*, 8(9) pp: 118-131.
- Hu, T., Sun, Y., Jia, W., Li, D., Zou, M., Zhang, M., 2021. Study on the estimation of forest volume based on multi-source data. *Sensors*, 21(23), 7796.
- Hu, Y., Xu, X., Wu, F., Sun, Z., Xia, H., Meng, Q., ... Xiao, X., 2020. Estimating forest stock volume in Hunan Province, China, by integrating in situ plot data, Sentinel-2 images, and linear and machine learning regression models. *Remote Sensing*, 12(1):186, DOI: 10.3390/rs12010186.

- Huang, B., Li, Y., Liu, Y., Hu, X., Zhao, W., Cherubini, F., 2023. A simplified multi-model statistical approach for predicting the effects of forest management on land surface temperature in Fennoscandia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 332, DOI:10.1016/j.agrformet.2023.109362 .
- Huang, H., Wu, D., Fang, L., & Zheng, X., 2022. Comparison of Multiple Machine Learning Models for Estimating the Forest Growing Stock in Large-Scale Forests Using Multi-Source Data. *Forests*, 13(9), DOI: 10.3390/f13091471 .
- Huang, S., Dou, H., Jian, W., Guo, C., Sun, Y., 2023. Spatial prediction of the geological hazard vulnerability of mountain road network using machine learning algorithms. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 14(1), 2170832.
- Iban, M. C., Sekertekin, A., 2022. Machine learning based wildfire susceptibility mapping using remotely sensed fire data and GIS: A case study of Adana and Mersin provinces, Turkey. *Ecological Informatics*, 69, 101647.
- Iverson, L. R., Prasad, A. M., Liaw, A., 2004. New machine learning tools for predictive vegetation mapping after climate change: Bagging and Random Forest perform better than regression tree analysis. In *Proceedings, UK-International Association for Landscape Ecology*, pp. 317-320, Cirencester, UK.
- İlkuçar, M., Kaya, A.İ., Çifci, A., 2018. Mekanik Özelliklere Göre Ağaç Türlerinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1):75-83.
- Jaafari, A., Pazhouhan, I., & Bettinger, P., 2021. Machine learning modeling of forest road construction costs. *Forests*, 12(9), DOI:10.3390/f12091169
- Jackson, P., 1986. *Introduction to expert systems*. United States: N. p., Web.
- Jahani, A., Saffariha, M., 2021. Modeling of trees failure under windstorm in harvested Hyrcanian forests using machine learning techniques. *Scientific Reports*, 11(1):1-13.
- Baker, J., 1975. The DRAGON System—An Overview. In: *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing* 23.1, pp. 24–29.
- Janiec, P., Gadal, S., 2020. A comparison of two machine learning classification methods for remote sensing predictive modeling of the forest fire in the North-Eastern Siberia. *Remote Sensing*, 12(24), 4157.
- Jelinek, F., Bahl, L., Mercer, R., 1975. Design of a linguistic statistical decoder for the recognition of continuous speech. *IEEE Transactions on Information Theory*, 21(3):250-256.
- Jiang, H., 2021. *Machine learning fundamentals: A concise introduction*. Cambridge University Press.
- Johnson, P., Abdelfattah, E., 2018. Applying machine learning models to identify forest cover. In *2018 9th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)* (pp. 471-474). IEEE.
- Joshi, R.C., Ryu, D., Lane, P.N., Sheridan, G.J., 2023). Seasonal forecast of soil moisture over Mediterranean-climate forest catchments using a machine learning approach. *Journal of Hydrology*, 619, 129307.
- Júnior, I. D. S. T., Torres, C. M. M. E., Leite, H. G., de Castro, N. L. M., Soares, C. P. B., Castro, R. V. O., & Farias, A. A., 2020. Machine learning: Modeling increment in diameter of individual trees on Atlantic Forest fragments. *Ecological Indicators*, 117, DOI:10.3390/f13081295
- Kalantar, B., Ueda, N., Idrees, M. O., Janizadeh, S., Ahmadi, K., & Shabani, F., 2020. Forest fire susceptibility prediction based on machine learning models with resampling algorithms on remote sensing data. *Remote Sensing*, 12(22), 3682.
- Kamarulzaman, A. M. M., Wan Mohd Jaafar, W. S., Abdul Maulud, K. N., Saad, S. N. M., Omar, H., Mohan, M., 2022. Integrated segmentation approach with machine learning classifier in detecting and mapping post selective logging impacts using UAV imagery. *Forests*, 13(1):48.
- Kang, J., Schwartz, R., Flickinger, J., Beriwal, S., 2015. Machine learning approaches for predicting radiation therapy outcomes: A clinician's perspective. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 93, 1127–1135.
- Kansal, A., Singh, Y., Kumar, N., Mohindru, V., 2015. Detection of forest fires using machine learning technique: A perspective. In *2015 third international conference on image information processing (ICIIP)* (pp. 241-245). IEEE.
- Kantarcioğlu, O., Kocaman, S., Schindler, K., 2023. Artificial neural networks for assessing forest fire susceptibility in Türkiye. *Ecological Informatics*, 75, 102034.
- Kauffman, J. S., Prisley, S. P., 2016. Automated estimation of forest stand age using Vegetation Change Tracker and machine learning. *Mathematical & Computational Forestry & Natural Resource Sciences*, 8(1).
- Kaya, H., Keklik, İ., Ensarı, T., Alkan, F., & Bırcık, Y., 2019. Oak leaf classification: an analysis of features and classifiers. In *2019 Scientific Meeting on Electrical-Electronics & Biomedical Engineering and Computer Science (EBBT)* (pp. 1-4). Ieee.
- Keleş, S., Günlü, A., Ercanlı, İ., 2021. Estimating aboveground stand carbon by combining sentinel-1 and sentinel-2 satellite data: A case study from turkey. In *Forest Resources Resilience and Conflicts*, pp. 117-126, Elsevier.
- Kim, B., Woo, H., Park, J., 2020. A Study on the Performance of Deep learning-based Automatic Classification of Forest Plants: A Comparison of Data Collection Methods. *Journal of Korean Society of Forest Science*, 109(1):23-30.
- Kim, E. S., Lee, B., Kim, J., Cho, N., & Lim, J. H., 2020. Risk assessment of pine tree dieback in Sogwang-Ri, Uljin. *Journal of Korean Society of Forest Science*, 109(3):259-270.
- Kim, S. J., Lim, C. H., Kim, G. S., Lee, J., Geiger, T., Rahmati, O., ... & Lee, W. K., 2019. Multi-temporal analysis of forest fire probability using socio-economic and environmental variables. *Remote Sensing*, 11(1):86.
- Kislov, D. E., Korznikov, K. A., 2020. Automatic windthrow detection using very-high-resolution satellite imagery and deep learning. *Remote Sensing*, 12(7), 1145.
- Kitchin, R., McArdle, G., 2016. What makes Big Data, Big Data? Exploring the ontological characteristics of 26 datasets. *Big Data & Society*, 3(1), 2053951716631130.
- Knopp, L., Wieland, M., Rättich, M., Martinis, S., 2020. A deep learning approach for burned area segmentation with Sentinel-2 data. *Remote Sensing*, 12(15), 2422.
- Kong, L., Zhang, Y., Ye, Z.Q., Liu, X.Q., Zhao, S.Q., Wei, L., Gao, G., 2007. CPC: Assess the protein-coding potential of transcripts using sequence features and support vector machine. *Nucleic Acids Res.*, 35:345–349.
- Kriese, J., Hoesser, T., Asam, S., Kacic, P., Da Ponte, E., Gessner, U., 2022. Deep Learning on Synthetic Data Enables the Automatic Identification of Deficient Forested Windbreaks in the Paraguayan Chaco. *Remote Sensing*, 14(17):4327.
- Kuck, T.N., Sano, E.E., Bispo, P.D.C., Shigemori, E.H., Silva Filho, P.F.F., Matricardi, E.A.T., 2021. A Comparative Assessment of Machine-Learning Techniques for Forest Degradation Caused by Selective Logging in an Amazon Region Using Multitemporal X-Band SAR Images. *Remote Sensing*, 13(17):3341.
- Kukuk, S. B., & Kilimci, Z. H., 2021. Comprehensive analysis of forest fire detection using deep learning models and conventional machine learning algorithms. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 7(2):84-94.
- Kuruca, M., Matçı, D. K., & Avdan, U., 2021. The potential of Göktürk 2 satellite images for mapping burnt forest areas. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(1):91-101.
- Kuruca, M., Matçı, D. K., & Avdan, U., 2018. Yanmış Orman Alanlarının Destek Vektör Makinaları ve Rotasyon Orman İleri Simflandırma Yöntemleri Kullanarak Nesne-Tabanlı Tespiti: Worldview-2 Uydu Görüntüsü Örneği. VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2018), 18-21 Eylül, Eskişehir.
- Lapini, A., Pettinato, S., Santi, E., Paloscia, S., Fontanelli, G., Garzelli, A., 2020. Comparison of machine learning methods applied to SAR images for forest classification in mediterranean areas. *Remote Sensing*, 12(3):369.
- Lee, B., Jang, K., Kim, E., Kang, M., Chun, J. H., & Lim, J. H., 2019. Predicting forest gross primary production using machine learning algorithms. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 21(1):29-41.
- Lee, J., Im, J., Kim, K., & Quackenbush, L. J., 2018. Machine learning approaches for estimating forest stand height using plot-based observations and airborne LiDAR data. *Forests*, 9(5):268.
- Levers, C., Verkerk, P. J., Müller, D., Verburg, P. H., Butsic, V., Leitão, P. J., ... & Kuemmerle, T., 2014. Drivers of forest harvesting intensity patterns in Europe. *Forest ecology and management*, 315:160-172, DOI:10.1016/j.foreco.2013.12.030 .

- Li, M., Im, J., & Beier, C., 2013. Machine learning approaches for forest classification and change analysis using multi-temporal Landsat TM images over Huntington Wildlife Forest. *GIScience & Remote Sensing*, 50(4):361-384, DOI:10.1080/15481603.2013.819161.
- Li, S., Lideskog, H., 2021. Implementation of a system for real-time detection and localization of terrain objects on harvested forest land. *Forests*, 12(9), DOI:10.3390/f12091142
- Li, W., Niu, Z., Shang, R., Qin, Y., Wang, L., Chen, H., 2020. High-resolution mapping of forest canopy height using machine learning by coupling ICESat-2 LiDAR with Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat-8 data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 92, 102163.
- Li, X., Du, H., Mao, F., Zhou, G., Chen, L., Xing, L., ... & Liu, T., 2018. Estimating bamboo forest aboveground biomass using EnKF-assimilated MODIS LAI spatiotemporal data and machine learning algorithms. *Agricultural and Forest Meteorology*, 256:445-457, DOI:10.1016/j.agrformet.2018.04.002 .
- Li, Y., Li, C., Li, M., Liu, Z., 2019. Influence of variable selection and forest type on forest aboveground biomass estimation using machine learning algorithms. *Forests*, 10(12), 1073.
- Li, Y., Li, M., Li, C., & Liu, Z., 2020. Forest aboveground biomass estimation using Landsat 8 and Sentinel-1A data with machine learning algorithms. *Scientific reports*, 10(1): 1-12.
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., Bochtis, D., 2018. Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674.
- Lidberg, W., Nilsson, M., & Ågren, A., 2020. Using machine learning to generate high-resolution wet area maps for planning forest management: A study in a boreal forest landscape. *Ambio*, 49(2): 475-486.
- Lim, S., Kim, S., Park, S., Kim, D., 2018. Development of application for forest insect classification using CNN. In 2018 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV), pp. 1128-1131, IEEE.
- Lim, W., Choi, K., Cho, W., Chang, B., Ko, D. W., 2022. Efficient dead pine tree detecting method in the Forest damaged by pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) through utilizing unmanned aerial vehicles and deep learning-based object detection techniques. *Forest Science and Technology*, 18(1):36-43.
- Lippitt, C. D., Rogan, J., Li, Z., Eastman, J. R., Jones, T. G., 2008. Mapping selective logging in mixed deciduous forest: a comparison of machine learning algorithms. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 74(10):1201-1211.
- Liu, B., Gao, L., Li, B., Marcos-Martinez, R., Bryan, B. A., 2020. Nonparametric machine learning for mapping forest cover and exploring influential factors. *Landscape Ecology*, 35:1683-1699.
- Liu, X., Liang, S., Li, B., Ma, H., He, T., 2021. Mapping 30 m fractional forest cover over China's Three-North Region from Landsat-8 data using ensemble machine learning methods. *Remote Sensing*, 13(13), 2592.
- Liu, Z., Wang, W. J., Ballantyne, A., He, H. S., Wang, X., Liu, S., ... & Zhu, J., 2023. Forest disturbance decreased in China from 1986 to 2020 despite regional variations. *Communications Earth & Environment*, 4(1):15, DOI: 10.1038/s43247-023-00676-x.
- López-Cortés, X.A.; Nachtigall, F.M.; Olate, V.R.; Araya, M.; Oyanel, S.; Diaz, V.; Jakob, E.; Ríos-Momberg, M.; Santos, L.S., 2017. Fast detection of pathogens in salmon farming industry. *Aquaculture*, 470:17-24.
- López-Serrano, P. M., Cárdenas Domínguez, J. L., Corral-Rivas, J. J., Jiménez, E., López-Sánchez, C. A., & Vega-Nieva, D. J., 2019. Modeling of aboveground biomass with Landsat 8 OLI and machine learning in temperate forests. *Forests*, 11(1):11.
- Lu, R., Zhu, H., Liu, X., Liu, J. K., & Shao, J. 2014. Toward efficient and privacy-preserving computing in big data era. *IEEE Network*, 28(4): 46-50.
- Luo, H., Yue, C., Xie, F., Zhu, B., Chen, S., 2022. A Method for Forest Canopy Height Inversion Based on Machine Learning and Feature Mining Using UAVSAR. *Remote Sensing*, 14(22), 5849.
- Luo, W., Zhang, C., Zhao, X., Liang, J., 2021. Understanding patterns and potential drivers of forest diversity in northeastern China using machine-learning algorithms. *Journal of Vegetation Science*, 32(2), e13022.
- Mackowiak, S.D.; Zauber, H.; Bielow, C.; Thiel, D.; Kutz, K.; Calviello, L.; Mastrobuoni, G.; Rajewsky, N.; Kempa, S.; Selbach, M.; et al., 2015. Extensive identification and analysis of conserved small ORFs in animals. *Genome Biol.*, 16, 179.
- MacMillan, R., Sun, L., Taylor, S. W., 2022. Modeling Individual Extended Attack Wildfire Suppression Expenditures in British Columbia. *Forest Science*, 68(4):376-388.
- Mahdavi, A., Aziz, J., 2020. Estimation of Semiarid Forest Canopy Cover Using Optimal Field Sampling and Satellite Data with Machine Learning Algorithms. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48:575-583.
- Maione, C.; Barbosa, R.M., 2018. Recent applications of multivariate data analysis methods in the authentication of rice and the most analyzed parameters: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1-12.
- Maniatis, Y., Doganis, A., Chatzigeorgiadis, M., 2022. Fire Risk Probability Mapping Using Machine Learning Tools and Multi-Criteria Decision Analysis in the GIS Environment: A Case Study in the National Park Forest Dadia-Lefkimi-Soufli, Greece. *Applied Sciences*, 12(6), 2938.
- Marvin, M., & Seymour, A. P., 1969. *Perceptrons*. Cambridge, MA: MIT Press, 6, 318-362.
- Mashhadi, N., Alganci, U., 2021. Determination of forest burn scar and burn severity from free satellite images: A comparative evaluation of spectral indices and machine learning classifiers. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(4):488-497.
- Melander, L., Einola, K., Ritala, R., 2020. Fusion of open forest data and machine fieldbus data for performance analysis of forest machines. *European Journal of Forest Research*, 139(2):213-227.
- Miranda, E. N., Barbosa, B. H. G., Silva, S. H. G., Monti, C. A. U., Tng, D. Y. P., Gomide, L. R., 2022. Variable selection for estimating individual tree height using genetic algorithm and random forest. *Forest Ecology and Management*, 504, 119828.
- Mitchell, T. 1997. *Machine Learning*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Mittal, A., Sharma, G., Aggarwal, R., 2016. Forest fire detection through various machine learning techniques using mobile agent in WSN. *International Research Journal of Engineering and Technology*.
- Mohajane, M., Costache, R., Karimi, F., Pham, Q. B., Essahlaoui, A., Nguyen, H., ... & Oudija, F., 2021. Application of remote sensing and machine learning algorithms for forest fire mapping in a Mediterranean area. *Ecological Indicators*, 129, DOI:10.1016/j.ecolind.2021.107869
- Moore, J., Lin, Y., 2019. Determining the extent and drivers of attrition losses from wind using long-term datasets and machine learning techniques. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 92(4):425-435.
- Moradi, F., Sadeghi, S. M. M., Heidarlou, H. B., Deljouei, A., Boshkar, E., Borz, S. A., 2022. Above-ground biomass estimation in a Mediterranean sparse coppice oak forest using Sentinel-2 data. *Annals of Forest Research*, 65(1):165-182.
- Mosin, V., Aguilar, R., Platonov, A., Vasiliev, A., Kedrov, A., & Ivanov, A., 2019. Remote sensing and machine learning for tree detection and classification in forestry applications. In *Image and Signal Processing for Remote Sensing XXV*, 11155, pp. 130-141. SPIE.
- Munis, R. A., Almeida, R. O., Camargo, D. A., da Silva, R. B. G., Wojciechowski, J., Simões, D., 2022. Machine learning methods to estimate productivity of harvesters: mechanized timber harvesting in Brazil. *Forests*, 13(7), 1068.
- Munro, H. L., Montes, C. R., Gandhi, K. J., 2022. A new approach to evaluate the risk of bark beetle outbreaks using multi-step machine learning methods. *Forest Ecology and Management*, 520, 120347.
- Murty, M. N., Avinash, M., 2023. *Representation in Machine Learning*. Springer Nature.
- Naderi, S., Bundy, K., Whitney, T., Abedi, A., Weiskittel, A., Contosta, A., 2022. Sharing Wireless Spectrum in the Forest Ecosystems Using Artificial Intelligence and Machine Learning. *International Journal of Wireless Information Networks*, 29(3):257-268.
- Naik, P., Dalponte, M., Bruzzone, L., 2022. Automated Machine Learning Driven Stacked Ensemble Modelling for Forest Aboveground Biomass Prediction Using Multitemporal Sentinel-2 Data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*.
- Nandi, A., Pal, A. K., 2022. Interpreting machine learning models: Learn model interpretability and explainability methods. Berkeley, CA: Apress.
- Narine, L. L., Popescu, S. C., Malambo, L., 2019. Synergy of ICESat-2 and Landsat for mapping forest aboveground biomass with deep learning. *Remote Sensing*, 11(12), 1503.

- Nasiri, V., Darvishsefat, A. A., Arefi, H., Griess, V. C., Sadeghi, S. M. M., Borz, S. A., 2022. Modeling forest canopy cover: A synergistic use of Sentinel-2, aerial photogrammetry data, and machine learning. *Remote Sensing*, 14(6), 1453.
- Nassif, A. B., Shahin, I., Attili, I., Azzeh, M., Shaalan, K., 2019. Speech recognition using deep neural networks: A systematic review. *IEEE access*, 7, 19143-19165.
- Negara, B. S., Kurniawan, R., Nazri, M. Z. A., Abdullah, S. N. H. S., Saputra, R. W., Ismanto, A., 2020. Riau forest fire prediction using supervised machine learning. In *Journal of Physics: Conference Series* 1566(1), p. 012002. IOP Publishing, DOI:10.1088/1742-6596/1566/1/012002
- Neuville, R., Bates, J. S., Jonard, F., 2021. Estimating forest structure from UAV-mounted LiDAR point cloud using machine learning. *Remote sensing*, 13(3), 352.
- Nguyen, Q. H., Nguyen, H. D., Le, D. T., Bui, Q. T., 2023. Fine-tuning LightGBM using an artificial ecosystem-based optimizer for forest fire analysis. *Forest Science*, 69(1):73-82.
- Nguyen, T. T., Nguyen, V. P., Nguyen, V. Q., Hoang, T. P. N., 2022. Applied Machine Learning Algorithms and Landsat 8 for Estimating Aboveground Carbon Stock in Evergreen Broadleaf Forest in Binh Phuoc Province. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, 38(4).
- Nguyen, V. T., Constant, T., Colin, F., 2021. An innovative and automated method for characterizing wood defects on trunk surfaces using high-density 3D terrestrial LiDAR data. *Annals of Forest Science*, 78(2):1-18.
- Nilsson, J. N., 1996. Introduction to machine learning: An early draft of a proposed textbook.
- Opelele, O. M., Yu, Y., Fan, W., Chen, C., Kachaka, S. K., 2021. Biomass Estimation Based on Multilinear Regression and Machine Learning Algorithms in the Mayombe Tropical Forest, in the Democratic Republic of Congo. *Appl. Ecol. Environ. Res*, 19, 359-377.
- Ostovar, A., Talbot, B., Puliti, S., Rasmus, A., Ringdahl, O., 2019. Using RGB images and machine learning to detect and classify Root and Butt-Rot (RBR) in stumps of Norway spruce. In *NB Nord Conference: Forest Operations in Response to Environmental Challenges*, Honne, Norway, June 3-5, Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).
- Oyarzo, C., Rossit, D. A., Viana-Céspedes, V., Olivera, A., 2022. Discriminant method approach for harvesting forest operations. In *2022 International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI)*, pp. 736-740, IEEE.
- Örücü, Ö. K., 2019. Phoenix theophrasti Gr.'nin iklim değişimine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının MaxEnt Modeli ile tahmini ve bitkisel tasarımda kullanımı. *Turkish Journal of Forestry*, 20(3):274-283.
- Örücü, Ö. K., Akyol, A., 2019. İklim değişikliğinin Türkiye'de Myrtus communis subsp. communis L.'nin potansiyel dağılımına etkilerinin Maxent ile araştırılması. *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Yeni Ufuklar*, 31-49.
- Örücü, Ö. K., Azadi, H., Arslan, E. S., Kamer Aksoy, Ö., Choobchian, S., Nooghabi, S. N., Stefanie, H. I., 2023. Predicting the distribution of European Hop Hornbeam: application of MaxEnt algorithm and climatic suitability models. *European Journal of Forest Research*, 1-13.
- Örücü, Ö. K., Gülçin, D., Özçifçi, İ., Arslan, E. S., 2021. Mor Çiçekli Ormangülünün (*Rhododendron ponticum* L.) günümüz ve gelecekteki iklim koşullarına göre yayılış alanlarının modellenmesi.
- Özçelik, R., Diamantopoulou, M. J., Brooks, J. R., Wiant Jr, H. V., 2010. Estimating tree bole volume using artificial neural network models for four species in Turkey. *Journal of environmental management*, 91(3):742-753.
- Özdemir, Ş., Örsülü, S., 2019. Makine öğrenmesinde yeni bir bakış açısı: otomatik makine öğrenmesi (AutoML). *Journal of Information Systems and Management Research*, 1(1):23-30.
- Özkan, C., Sunar, F., Berberoğlu, S., Dönmez, C., 2008. Effectiveness of boosting algorithms in forest fire classification. *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 37.
- Pang, Y., Li, Y., Feng, Z., Feng, Z., Zhao, Z., Chen, S., Zhang, H., 2022. Forest Fire Occurrence Prediction in China Based on Machine Learning Methods. *Remote Sensing*, 14(21), 5546.
- Park, J., Lim, B., Lee, J., 2021. Analysis of Factors Influencing Forest Loss in South Korea: Statistical Models and Machine-Learning Model. *Forests*, 12(12), 1636.
- Peng, Y., Wang, Y., 2022. Automatic wildfire monitoring system based on deep learning. *European Journal of Remote Sensing*, 55(1):551-567.
- Perera, P. L. M., Jayakody, J. R. K. C., 2015. Forest cover type prediction with machine learning with R and Weka.
- Brown P., et al., 1988. A Statistical Approach to Language Translation?. In: *Proceedings of the 12th Conference on Computational Linguistics*. 1, COLING '88. Budapest, Hungary: Association for Computational Linguistics, pp. 71-76.
- Jackson., P., 1990. Introduction to Expert Systems. 2nd ed. USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., USA
- Petrusevich, D. A., 2021. Models for dominating forest cover type prediction. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677(5), p. 052119. IOP Publishing.
- Pham, B. T., Jaafari, A., Avand, M., Al-Ansari, N., Dinh Du, T., Yen, H. P. H., ... & Tuyen, T. T., 2020. Performance evaluation of machine learning methods for forest fire modeling and prediction. *Symmetry*, 12(6), 1022.
- Pilaš, I., Gašparović, M., Novkinić, A., Klobučar, D., 2020. Mapping of the canopy openings in mixed beech-fir forest at Sentinel-2 subpixel level using UAV and machine learning approach. *Remote Sensing*, 12(23), 3925.
- Piragnolo, M., Grigolato, S., Pirotti, F., 2019. Planning harvesting operations in forest environment: remote sensing for decision support. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4:33-40.
- Piragnolo, M., Pirotti, F., Zanrosso, C., Lingua, E., Grigolato, S., 2021. Responding to large-scale forest damage in an alpine environment with remote sensing, machine learning, and web-GIS. *Remote Sensing*, 13(8), 1541.
- Pohjankukka, J., Riihimäki, H., Nevalainen, P., Pahikkala, T., Alalommäki, J., Hyvönen, E., ... & Heikkonen, J., 2016. Predictability of boreal forest soil bearing capacity by machine learning. *Journal of Terramechanics*, 68:1-8.
- Polowy, K., & Molińska-Glura, M., 2023. Data Mining in the Analysis of Tree Harvester Performance Based on Automatically Collected Data. *Forests*, 14(1), 165.
- Pourghasemi, H. R., Gayen, A., Lasaponara, R., & Tiefenbacher, J. P., 2020. Application of learning vector quantization and different machine learning techniques to assessing forest fire influence factors and spatial modelling. *Environmental research*, 184, 109321.
- Pourshamsi, M., Garcia, M., Lavallo, M., & Balzter, H., 2018. A machine-learning approach to PolInSAR and LiDAR data fusion for improved tropical forest canopy height estimation using NASA AfriSAR Campaign data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(10):3453-3463.
- Pourshamsi, M., Xia, J., Yokoya, N., Garcia, M., Lavallo, M., Pottier, E., & Balzter, H., 2021. Tropical forest canopy height estimation from combined polarimetric SAR and LiDAR using machine-learning. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 172: 79-94.
- Prakash, A. J., Behera, M. D., Ghosh, S. M., Das, A., & Mishra, D. R., 2022. A new synergistic approach for Sentinel-1 and PALSAR-2 in a machine learning framework to predict aboveground biomass of a dense mangrove forest. *Ecological Informatics*, 72, 101900.
- Qiu, J., Wang, H., Shen, W., Zhang, Y., Su, H., Li, M., 2021. Quantifying forest fire and post-fire vegetation recovery in the daxin'anling area of northeastern China using landsat time-series data and machine learning. *Remote sensing*, 13(4):792.
- Qu, J., & Cui, X., 2020. Automatic machine learning framework for forest fire forecasting. In *Journal of Physics: Conference Series* 1651(1), p. 012116. IOP Publishing.
- Rajbhandari, S., Aryal, J., Osborn, J., Lucieer, A., Musk, R., 2019. Leveraging machine learning to extend ontology-driven geographic object-based image analysis (O-GEOBIA): A case study in forest-type mapping. *Remote Sensing*, 11(5):503.
- Rana, P., Miller, D. C., 2019. Machine learning to analyze the social-ecological impacts of natural resource policy: insights from community forest management in the Indian Himalaya. *Environmental Research Letters*, 14(2), 024008.

- Rana, P., Miller, D. C., 2021. Predicting the long-term social and ecological impacts of tree-planting programs: Evidence from northern India. *World Development*, 140, 105367.
- Reddy, R. S., Babu, G. A., Reddy, A. R. M., 2020. Geospatial Approach for the Analysis of Forest Cover Change Detection using Machine Learning. *Geosfera Indonesia*, 5(3):335-351.
- Ren, H., Zhang, L., Yan, M., Chen, B., Yang, Z., Ruan, L., 2022. Spatiotemporal Assessment of Forest Fire Vulnerability in China Using Automated Machine Learning. *Remote Sensing*, 14(23), 5965.
- Rhee, J., Im, J., 2017. Meteorological drought forecasting for ungauged areas based on machine learning: Using long-range climate forecast and remote sensing data. *Agric. For. Meteorol.*, 237–238, 105–122.
- Richard O. Duda and Peter E. Hart., 1973 *Pattern Classification and Scene Analysis*. New York, NY: John Wiley & Sons, USA
- Richardson, A., Signor, B.M., Lidbury, B.A., Badrick, T., 2016. Clinical chemistry in higher dimensions: Machine-learning and enhanced prediction from routine clinical chemistry data. *Clin. Biochem.* 49:1213–1220.
- Rosenblatt, F., 1958. The Perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. In: *Psychological Review*, pp. 65–386.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., McClelland, J. L., 1986a. A general framework for parallel distributed processing. *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*, 1:(45-76), 26.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., Williams, R. J., 1986b. Learning representations by back-propagating errors. *nature*, 323(6088), 533-536.
- Russell, J., Norvig, S., P., 2010. *Artificial Intelligence A Modern Approach Third Edition*.
- Sabancı, K., Ünleren, M. F., Polat, K., 2016. Classification of different forest types with machine learning algorithms.
- Sahin, A., Aylak Ozdemir, G., Oral, O., Aylak, B. L., Ince, M., Ozdemir, E., 2023. Estimation of tree height with machine learning techniques in coppice-originated pure sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1-10.
- Sakici, O. E., Ozdemir, G., 2018. Stem taper estimations with artificial neural networks for mixed Oriental beech and Kazdağı fir stands in Karabük region, Turkey. *Ceme*, 24:439-451.
- Salmivaara, A., Launiainen, S., Perttunen, J., Nevalainen, P., Pohjankukka, J., Ala-Ilomäki, J., ... & Finér, L., 2020. Towards dynamic forest trafficability prediction using open spatial data, hydrological modelling and sensor technology. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 93(5):662-674.
- Sanderman, J., Hengl, T., Fiske, G., Solvik, K., Adame, M. F., Benson, L., ... & Landis, E., 2018. A global map of mangrove forest soil carbon at 30 m spatial resolution. *Environmental Research Letters*, 13(5), 055002.
- Sani-Mohammed, A., Yao, W., Heurich, M., 2022. Instance segmentation of standing dead trees in dense forest from aerial imagery using deep learning. *ISPRS Open Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 6, 100024.
- Saralioglu, E., Vatandaslar, C., 2022. Land use/land cover classification with Landsat-8 and Landsat-9 satellite images: a comparative analysis between forest-and agriculture-dominated landscapes using different machine learning methods. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 1-22.
- Sarıkaya, O., Şen, İ., 2020. Estimation to current and future potential distribution areas of *Pityogenes calcaratus* (Eichhoff) in Turkish Forests. *International Journal of Agriculture, Forestry and Fisheries*, 8(4):118-122.
- Sari, F., 2022. Identifying anthropogenic and natural causes of wildfires by maximum entropy method-based ignition susceptibility distribution models. *Journal of Forestry Research*, 1-17.
- Sarikaya, A. G., Orucu, O. K., 2021. Maxent modeling for predicting the potential distribution of *Arbutus andrachne* L. belonging to climate change in Turkey. *Kuwait Journal of Science*, 48(2).
- Seddouki, M., Benayad, M., Aamir, Z., Tahiri, M., Maanan, M., Rhinane, H., 2023. Using Machine Learning Coupled with Remote Sensing for Forest Fire Susceptibility Mapping. Case Study Tetouan Province, Northern Morocco. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 48:333-342.
- Senanayake, I. P., Yeo, I. Y., Walker, J. P., Willgoose, G. R., 2021. Estimating catchment scale soil moisture at a high spatial resolution: Integrating remote sensing and machine learning. *Science of The Total Environment*, 776, 145924.
- Sevinç, V., 2023. Mapping the forest fire risk zones using artificial intelligence with risk factors data. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(2): 4721-4732.
- Shabani, S., Pourghasemi, H. R., & Blaschke, T., 2020. Forest stand susceptibility mapping during harvesting using logistic regression and boosted regression tree machine learning models. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00974.
- Shabani, S., Varamesh, S., Moayedi, H., Le Van, B., 2023. Modeling the susceptibility of an uneven-aged broad-leaved forest to snowstorm damage using spatially explicit machine learning. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(12): 34203-34213.
- Shang, X., & Chisholm, L. A., 2013. Classification of Australian native forest species using hyperspectral remote sensing and machine-learning classification algorithms. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(6):2481-2489.
- Shao, Y., Feng, Z., Sun, L., Yang, X., Li, Y., Xu, B., Chen, Y., 2022. Mapping China's Forest Fire Risks with Machine Learning. *Forests*, 13(6):856.
- Shataee, S., Kalbi, S., Fallah, A., Pelz, D., 2012. Forest attribute imputation using machine-learning methods and ASTER data: comparison of k-NN, SVR and random forest regression algorithms. *International journal of remote sensing*, 33(19):6254-6280.
- Shen, J., Chen, G., Hua, J., Huang, S., Ma, J., 2022. Contrasting Forest Loss and Gain Patterns in Subtropical China Detected Using an Integrated LandTrendr and Machine-Learning Method. *Remote Sensing*, 14(13), 3238.
- Shen, X., Huang, Q., Wang, X., Li, J., Xi, B., 2022. A Deep Learning-Based Method for Extracting Standing Wood Feature Parameters from Terrestrial Laser Scanning Point Clouds of Artificially Planted Forest. *Remote Sensing*, 14(15), 3842.
- Silva, C. A., Klauberg, C., Hudak, A. T., Vierling, L. A., Jaafar, W. S. W. M., Mohan, M., ... & Saatchi, S., 2017. Predicting stem total and assortment volumes in an industrial *Pinus taeda* L. forest plantation using airborne laser scanning data and random forest. *Forests*, 8(7):254.
- Singh, C., Karan, S. K., Sardar, P., Samadder, S. R., 2022. Remote sensing-based biomass estimation of dry deciduous tropical forest using machine learning and ensemble analysis. *Journal of Environmental Management*, 308, 114639.
- Singh, M., Sharma, C., Agarwal, T., & Pal, M. S., 2022. Forest Fire Prediction for NASA Satellite Dataset Using Machine Learning. In *2022 10th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions)(ICRITO)*, pp. 1-5, IEEE.
- Smolyakov, V., 2023. *Machine learning algorithms in depth*. MEAP Edition, Version 3, Manning Early Access Program, Manning Publications Co.
- Solórzano, J. V., & Gao, Y., 2022. Forest Disturbance Detection with Seasonal and Trend Model Components and Machine Learning Algorithms. *Remote Sensing*, 14(3):803.
- Sonti, S.H., 2015. Application of Geographic Information System (GIS) in Forest Management. *J Geogr Nat Disast*, 5:145. DOI:10.4172/21670587.1000145
- Stojanova, D., Panov, P., Gjorgjioski, V., Kobler, A., Džeroski, S., 2010. Estimating vegetation height and canopy cover from remotely sensed data with machine learning. *Ecological Informatics*, 5(4):256-266.
- Su, H., Shen, W., Wang, J., Ali, A., & Li, M., 2020. Machine learning and geostatistical approaches for estimating aboveground biomass in Chinese subtropical forests. *Forest Ecosystems*, 7:1-20.
- Sun, Z., Qian, W., Huang, Q., Lv, H., Yu, D., Ou, Q., ... & Tang, X., 2022. Use Remote Sensing and Machine Learning to Study the Changes of Broad-Leaved Forest Biomass and Their Climate Driving Forces in Nature Reserves of Northern Subtropics. *Remote Sensing*, 14(5):1066.
- Şeker, Ş. E., 2020. OptiScorer: Otomatik Makine Öğrenmesi ile Skorlama.
- Şen, İ., Sarıkaya, O., & Örcü, Ö. K., 2020. Current and future potential distribution areas of *Carphoborus minimus* (Fabricius, 1798) in Turkey. *Folia Biologica (Kraków)*, 68(4):141-148.

- Takahashi, K., Kim, K., Ogata, T., Sugano, S., 2017. Tool-body assimilation model considering grasping motion through deep learning. *Rob. Auton. Syst.*, 91:115–127.
- Tang, Z., Xia, X., Huang, Y., Lu, Y., Guo, Z., 2022. Estimation of National Forest Aboveground Biomass from Multi-Source Remotely Sensed Dataset with Machine Learning Algorithms in China. *Remote Sensing*, 14(21), 5487.
- Tappayuthpijam, K., Vindevogel, B. S., 2022. High-accuracy Machine Learning Models to Estimate above Ground Biomass over Tropical Closed Evergreen Forest Areas from Satellite Data. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1006(1), p. 012001. IOP Publishing.
- Tariq, A., Shu, H., Siddiqui, S., Munir, I., Sharifi, A., Li, Q., Lu, L., 2022. Spatio-temporal analysis of forest fire events in the Margalla Hills, Islamabad, Pakistan using socio-economic and environmental variable data with machine learning methods. *Journal of Forestry Research*, 33(1):183-194.
- Tavares Júnior, I. D. S., de Souza, J. R. M., Lopes, L. S. D. S., Fardin, L. P., Casas, G. G., Oliveira Neto, R. R. D., ... & Leite, H. G., 2021. Machine learning and regression models to predict multiple tree stem volumes for teak. *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, 83(4):294-302.
- Tavasoli, N., Arefi, H., 2021. Comparison of capability of SAR and optical data in mapping forest above ground biomass based on machine learning. *Environmental Sciences Proceedings*, 5(1):13.
- Taylor, S. E., Veal, M. W., Grift, T. E., McDonald, T. P., Corley, F. W., 2002. Precision forestry: operational tactics for today and tomorrow. In *25th annual Meeting of the council of Forest Engineers*, 6.
- Tehrany, M. S., Jones, S., Shabani, F., Martínez-Álvarez, F., Tien Bui, D., 2019. A novel ensemble modeling approach for the spatial prediction of tropical forest fire susceptibility using LogitBoost machine learning classifier and multi-source geospatial data. *Theoretical and Applied Climatology*, 137:637-653.
- Tiwari, K., Narine, L. L., 2022. A Comparison of Machine Learning and Geostatistical Approaches for Mapping Forest Canopy Height over the Southeastern US Using ICESat-2. *Remote Sensing*, 14(22), 5651.
- Tonbul, H., Colkesen, I., Kavzoglu, T., 2022. Pixel-and Object-Based ensemble learning for forest burn severity using USGS FIREMON and Mediterranean condition dNBRs in Aegean ecosystem (Turkey). *Advances in Space Research*, 69(10):3609-3632.
- Torre-Tojal, L., Lopez-Guede, J. M., Grana Romay, M. M., 2019. Estimation of forest biomass from light detection and ranging data by using machine learning. *Expert Systems*, 36(4), e12399.
- Torun, P., Altunel, A. O., 2020. Effects of environmental factors and forest management on landscape-scale forest storm damage in Turkey. *Annals of Forest Science*, 77:1-13.
- Tutmez, B., Ozdogan, M. G., Boran, A., 2018. Mapping forest fires by nonparametric clustering analysis. *Journal of forestry research*, 29:177-185.
- Udali, A., Talbot, B., Puliti, S., Crous, J., Lingua, E., & Grigolato, S., 2022. Assessing the potential for forest residue classification and distribution over clear felled areas using UAVs and Machine Learning: a preliminary case study in South Africa. In *2022 IEEE Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor)*, pp. 160-163. IEEE.
- Uniyal, S., Purohit, S., Chaurasia, K., Rao, S. S., Amminedu, E., 2022. Quantification of carbon sequestration by urban forest using Landsat 8 OLI and machine learning algorithms in Jodhpur, India. *Urban Forestry & Urban Greening*, 67, 127445.
- URL, 2023. <https://www.automl.org/automl/>. Erişim: 1 Nisan 2023.
- Uzun, A., & Örucü, Ö. K., 2020. *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay türünün iklim değişkenlerine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının tahmini. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 21(4):498-508.
- Vafaei, S., Soosani, J., Adeli, K., Fadaei, H., Naghavi, H., Pham, T. D., Tien Bui, D., 2018. Improving accuracy estimation of Forest Aboveground Biomass based on incorporation of ALOS-2 PALSAR-2 and Sentinel-2A imagery and machine learning: A case study of the Hyrcanian forest area (Iran). *Remote Sensing*, 10(2):172.
- Varol, T., Durkaya, B., Okan, E., 2018. Estimating carbon storage through machine learning algorithms. *International Journal of Recent Engineering Research and Development (IJRERD)*, 3(3), March 2018, pp. 114-120
- Varvia, P., Lähivaara, T., Maltamo, M., Packalen, P., Seppänen, A., 2018. Gaussian process regression for forest attribute estimation from airborne laser scanning data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(6):3361-3369.
- Vatandaşlar, C., Zeybek, M., 2021. Extraction of forest inventory parameters using handheld mobile laser scanning: A case study from Trabzon, Turkey. *Measurement*, 177, 109328.
- Vega Ishuaylas, L. A., Hirata, Y., Ventura Santos, L. C., Serrudo Torobeo, N., 2018. Natural forest mapping in the Andes (Peru): A comparison of the performance of machine-learning algorithms. *Remote Sensing*, 10(5):782.
- Verkerk, P. J., Costanza, R., Hetemäki, L., Kubiszewski, I., Leskinen, P., Nabuurs, G. J., ... & Palahi, M., 2020. Climate-smart forestry: the missing link. *Forest Policy and Economics*, 115, 102164.
- Vicentini, M. E., 2021. Machine learning modeling in temporal variability of soil respiration in planted forest areas.
- Wai, P., Su, H., Li, M., 2022. Estimating Aboveground Biomass of Two Different Forest Types in Myanmar from Sentinel-2 Data with Machine Learning and Geostatistical Algorithms. *Remote Sensing*, 14(9), 2146.
- Wang, K., Pan, J., Jiang, L., Sun, Y., Wang, K., Cao, Y., 2022. Research on Remote Sensing Recognition of Forest Fire Smoke Based on Machine Learning. In *2022 International Conference on Image Processing, Computer Vision and Machine Learning (ICICML)* (pp. 490-495). IEEE.
- Wang, X., Liu, C., Lv, G., Xu, J., Cui, G., 2022. Integrating multi-source remote sensing to assess forest aboveground biomass in the Khingan mountains of north-eastern China using machine-learning algorithms. *Remote Sensing*, 14(4), 1039.
- Wildenhain, J., Spitzer, M., Dolma, S., Jarvik, N., White, R., Roy, M., Griffiths, E., Bellows, D.S., Wright, G.D., Tyers, M., 2015. Prediction of Synergism from Chemical-Genetic Interactions by Machine Learning. *Cell Syst.*, 1:383–395.
- Wu, C., Pang, L., Jiang, J., An, M., Yang, Y., 2020. Machine learning model for revealing the characteristics of soil nutrients and aboveground biomass of Northeast Forest, China. *Nature Environment and Pollution Technology*, 19(2):481-492.
- Xi, Z., Xu, H., Xing, Y., Gong, W., Chen, G., Yang, S., 2022. Forest canopy height mapping by synergizing icesat-2, sentinel-1, sentinel-2 and topographic information based on machine learning methods. *Remote Sensing*, 14(2):364.
- Ximenes, A. C., Amaral, S., Monteiro, A. M. V., Almeida, R. M., Valeriano, D. M., 2021. Mapping the terrestrial ecoregions of the Purus-Madeira interfluvium in the Amazon Forest using machine learning techniques. *Forest Ecology and Management*, 488, 118960.
- Yao, J., Raffuse, S. M., Brauer, M., Williamson, G. J., Bowman, D. M., Johnston, F. H., & Henderson, S. B., 2018. Predicting the minimum height of forest fire smoke within the atmosphere using machine learning and data from the CALIPSO satellite. *Remote sensing of environment*, 206:98-106.
- Yazdani, M., Shataee Jouibary, S., Mohammadi, J., & Maghsoudi, Y., 2020. Comparison of different machine learning and regression methods for estimation and mapping of forest stand attributes using ALOS/PALSAR data in complex Hyrcanian forests. *Journal of Applied Remote Sensing*, 14(2), 024509-024509.
- Yilmaz, H., Yilmaz, O. Y., Akyüz, Y. F., 2017. Determining the factors affecting the distribution of *Muscari latifolium*, an endemic plant of Turkey, and a mapping species distribution model. *Ecology and Evolution*, 7(4), 1112-1124.
- Yoshii, T., Lin, C., Tatsuhara, S., Suzuki, S., Hiroshima, T., 2022. Tree Species Mapping of a Hemiboreal Mixed Forest Using Mask R-CNN. In *IGARSS 2022-2022 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 6228-6231). IEEE.
- Yu, J., Li, F., Wang, Y., Lin, Y., Peng, Z., & Cheng, K., 2020. Spatiotemporal evolution of tropical forest degradation and its impact on ecological sensitivity: A case study in Jinghong, Xishuangbanna, China. *Science of The Total Environment*, 727, 138678.
- Yu, M., Song, Y. I., Ku, H., Hong, M., Lee, W. K., 2023. National-scale temporal estimation of South Korean Forest carbon stocks using a machine learning-based meta model. *Environmental Impact Assessment Review*, 98, 106924.

- Zeybek, M., Vatandaşlar, C., 2021. An automated approach for extracting forest inventory data from individual trees using a handheld mobile laser scanner. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 42(3):515-528.
- Zhang, B.; He, X.; Ouyang, F.; Gu, D.; Dong, Y.; Zhang, L.; Mo, X.; Huang, W.; Tian, J.; Zhang, S., 2017. Radiomic machine-learning classifiers for prognostic biomarkers of advanced nasopharyngeal carcinoma. *Cancer Lett.*, 403:21–27.
- Zhang, N., Chen, M., Yang, F., Yang, C., Yang, P., Gao, Y., ... & Peng, D., 2022. Forest Height Mapping Using Feature Selection and Machine Learning by Integrating Multi-Source Satellite Data in Baoding City, North China. *Remote Sensing*, 14(18), 4434.
- Zhang, W., Hu, B., 2021. Forest roads extraction through a convolution neural network aided method. *International Journal of Remote Sensing*, 42(7), 2706-2721.
- Zhang, X., Chen, G., Cai, L., Jiao, H., Hua, J., Luo, X., Wei, X., 2021. Impact assessments of Typhoon Lekima on forest damages in subtropical china using machine learning methods and Landsat 8 OLI imagery. *Sustainability*, 13(9), 4893.
- Zhang, X., Jiao, H., Chen, G., Shen, J., Huang, Z., Luo, H., 2022. Forest Damage by Super Typhoon Rammasun and Post-Disturbance Recovery Using Landsat Imagery and the Machine-Learning Method. *Remote Sensing*, 14(15), 3826.
- Zhang, Y., & Liu, J., 2022. Estimating forest aboveground biomass using temporal features extracted from multiple satellite data products and ensemble machine learning algorithm. *Geocarto International*, 2153930.
- Zhang, Y., Ma, J., Liang, S., Li, X., Li, M., 2020. An evaluation of eight machine learning regression algorithms for forest aboveground biomass estimation from multiple satellite data products. *Remote Sensing*, 12(24), 4015.
- Zhao, F., Sun, R., Zhong, L., Meng, R., Huang, C., Zeng, X., ... & Wang, Z., 2022. Monthly mapping of forest harvesting using dense time series Sentinel-1 SAR imagery and deep learning. *Remote Sensing of Environment*, 269, 112822.
- Zhao, K., Popescu, S., Meng, X., Pang, Y., Agca, M., 2011. Characterizing forest canopy structure with lidar composite metrics and machine learning. *Remote Sensing of Environment*, 115(8):1978-1996.
- Zhao, Q., Yu, S., Zhao, F., Tian, L., Zhao, Z., 2019. Comparison of machine learning algorithms for forest parameter estimations and application for forest quality assessments. *Forest Ecology and Management*, 434:224-234.
- Zhao, X., Zheng, Y., Wang, W., Wang, Z., Zhang, Q., Liu, J., Zhang, C., 2023. Habitat Suitability Evaluation of Different Forest Species in Lvliang Mountain by Combining Prior Knowledge and MaxEnt Model. *Forests*, 14(2):438.
- Zhao, Y.; Li, J.; Yu, L., 2017. A deep learning ensemble approach for crude oil price forecasting. *Energy Econ*, 66:9–16.
- Zheng, S., Gao, P., Zou, X., Wang, W., 2022. Forest fire monitoring via uncrewed aerial vehicle image processing based on a modified machine learning algorithm. *Frontiers in Plant Science*, 13.
- Zhou, C.; Lin, K.; Xu, D.; Chen, L.; Guo, Q.; Sun, C.; Yang, X., 2018. Near infrared computer vision and neuro-fuzzy model-based feeding decision system for fish in aquaculture. *Comput. Electron. Agric.*, 146:114–124.
- Zou, W., Jing, W., Chen, G., Lu, Y., Song, H., 2019. A survey of big data analytics for smart forestry. *IEEE Access*, 7, 46621-46636.

Ek Çizelge 1. Orman ekolojisi ve yönetimi

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Akyol ve Örtücü (2019)	Fıstık çamı mevcut ve potansiyel gelecek yayılışının MaxEnt ile modellenmesi	MaxEnt
Arslan ve diğ. (2020)	Kuşburnu bitkisinin mevcut ve potansiyel yayılışının MaxEnt ile modellenmesi	MaxEnt
Ayan ve diğ. (2022)	İklim değişikliğinin doğu kayınının Türkiye'deki potansiyel dağılımı üzerine etkilerinin araştırılması	MaxEnt
Babalık ve diğ. (2021)	Kermes meşesinin mevcut ve gelecek yayılış alanlarının Türkiye'deki iklim değişikliği altında belirlenmesi	MaxEnt
Beker (2019)	Avrupa orman türlerinin habitat uygunluğunun büyük veri ve makine öğrenmesi kullanılarak küresel değerlendirilmesi	LiR, LR, RF, ABR, GBR, SVM, MLP
Blumroeder ve diğ. (2019)	FSC'li ve FSC'siz ormanlarda gerçekleştirilen silvikültür uygulamalarının ekolojik etkisinin makine öğrenmesi ile değerlendirilmesi	PCA, RF
Bonannella ve diğ. (2022)	Avrupa'daki orman ağaç türlerinin 2000-2020 yılları arasındaki konumsal ve zaman dağılımının makine öğrenmesi ile haritalanması	RF, GBT, GLM, KNN, CART, ANN, C50
Çoban ve diğ. (2020)	Lübnan meşesinin günümüz ve potansiyel gelecek yayılışının MaxEnt ile modellenmesi	MaxEnt
Doody ve diğ. (2023)	Plantasyon ormanlarında evapotranspirasyonun makine öğrenmesi ile incelenmesi	RF
Duan ve diğ. (2022)	Japon kızılçamı türünün dağılımına iklim faktörlerinin etkisinin modellenmesi	MaxEnt
Garzon ve diğ. (2006)	Habitat uygunluğunun makine öğrenmesi modelleriyle tahmin edilmesi	CART, RF, NNet
Luo ve diğ. (2021)	Orman çeşitliliğinin potansiyel yönlendiricilerinin ve dağılımının makine öğrenmesi algoritmaları ile incelenmesi	OLSR, RF, XGBoost
Naderi ve diğ. (2022)	Orman ekosistemlerin makine öğrenmesi ve yapay zekâ kullanarak kablosuz spektrum paylaşımı	RF, SVM
Örtücü (2019)	Phonexi Theophrasti'nin günümüz ve gelecek yayılışının MaxEnt ile modellenmesi	MaxEnt
Örtücü ve Akyol (2020)	İklim değişikliğinin Myrtus communis potansiyel dağılımına etkileri	MaxEnt
Örtücü ve diğ. (2021)	Mor çiçekli orman gülünün günümüz ve gelecekteki iklim koşullarına göre makine öğrenmesi ile yayılışlarının tespiti	MaxEnt
Örtücü ve diğ. (2023)	Gürgen yapraklı kayacak türünün yayılışının MaxEnt ile modellenmesi	MaxEnt
Sarikaya ve Orucu (2021)	Arbutus andrachne potansiyel yayılışının MaxEnt ile modellenmesi	MaxEnt
Sarikaya ve Sen (2020)	Pityogenes calcaratus'un Türkiye ormanlarındaki günümüz ve gelecek yayılışının belirlenmesi	MaxEnt
Şen ve diğ. (2020)	Carphoborus minimus türünün günümüz ve potansiyel gelecek yayılışının belirlenmesi	MaxEnt
Uzun ve Örtücü (2020)	Adenocarpus complicatus (L.) türlerinin yayılımının makine öğrenmesi ile şimdiki ve gelecek projeksiyonunun tahmini	MaxEnt, PCA

Ek Çizelge 1. devamı

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Ximenes ve diğ. (2021)	Ekolojik bölgelerin Amazon ormanına karışım yerlerinin makine öğrenmesi kullanılarak haritalanması	SOMs, KMC
Yılmaz ve diğ. (2016)	Muscari latifolium endemik türünün yayılışını etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve tür dağılım modelinin haritalanması	BRT
Zhao ve diğ. (2023)	Farklı orman türlerinin habitat uygunluğunun değerlendirilmesi	MaxEnt

Ek Çizelge 2. Orman ekonomisi, politika ve sosyal bilimler

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Firebanks-Quevedo ve diğ. (2022)	Makine öğrenmesi kullanarak ormancılık politikasında teşvikleri belirleme	SVM, RF, GBT
MacMillan ve diğ. (2022)	British Columbia'da orman yangını söndürme harcamalarının modellenmesi	RF, GBT
Rana ve Miller (2019)	Doğal kaynak politikalarının sosyal ve ekolojik etkilerinin makine öğrenmesi ile topluluk orman yönetimine ışık tutarak analizi	CART

Ek Çizelge 3. Orman envanteri, modelleme ve uzaktan algılama

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Ahmedi ve diğ. (2020)	Meşcere parametrelerinin uydu görüntüleri ve makine öğrenmesi teknikleri ile haritalandırılması ve karşılaştırılması	GLM, BART, KNN, SVM
Allen ve diğ. (2022)	Akdeniz ormanlarında LiDAR verileri ve derin öğrenme ile türlerin sınıflandırılması	CNN, DL
Arjasakusuma diğ. (2020)	Orman yüksekliği ve değişken seçiminin makine öğrenmesi ve LiDAR ve hiperspektral veri kullanılarak tahmin edilmesi	MARS, ET, SVM, XGB
Ataş ve Talay (2022)	Otomatik olarak ağaç sayma yazılımı geliştirilmesinde UAV görüntüleri ve makine öğrenmesi kullanımı	SVM, NB, MLP
Attarchi ve Gloaguen (2014)	Farklı makine öğrenmesi modellerinin karmaşık dağlık ormanların sınıflandırılmasında kullanımı	SVM, RF
Balestra ve diğ. (2021)	Orman kategorilerinin haritalanması makine öğrenmesi yaklaşımı	PCA, RF
Bolat ve diğ. (2023)	Ankara orman bölge müdürlüğünde ormanlarında envanterin belirlenmesi	ANN
Brigot ve diğ. (2019)	Ormanın dikey yapısının farklı uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi kullanılarak elde edilmesi	NN, RF
Brovelli ve diğ. (2020)	Orman alanlarının değişiminin uzaktan algılama ve makine öğrenmesi kullanarak GEE ile sınıflandırılması ve izlenmesi	RF
Bulut (2023)	Makine öğrenmesi ile Akdeniz bölgesinde saf kızılçam meşcerelerinde toprak üstü biokütlenin tahmin edilmesi	SVM, MLR
Bulut ve diğ. (2023)	Meşcere parametrelerinin uydu görüntüleri ve makine öğrenmesi teknikleri ile modellenmesi	MRL, SVM, DL
Caffaratti ve diğ. (2021)	Uzaktan algılama verilerinde ormanın tespitinde makine öğrenmesi algoritmalarının kullanılması	CNN, RF, SVM
Chen ve diğ. (2012)	Meşcere parametrelerinin farklı uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi ile tahmin edilmesi	SVM
Chen ve diğ. (2018)	Makine öğrenmesi ile Sentinel görüntüleri kullanarak orman toprak üstü biokütlenin tahmin edilmesi	ANN, SVR, RF
Corte ve diğ. (2020)	Orman envanterinde UAV-LiDAR veri ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanarak tek ağaç parametrelerinin tahmin edilmesi	SVM, ANN, RF, XGBoost
Crisigiovanni ve diğ. (2021)	Tehlike altındaki ve istilacı türlerin makine öğrenmesi ve yüksek çözünürlüklü veri kullanarak belirlenmesi	ANN, RF
Csillik ve diğ. (2019)	Tropikal ormanlarda karbon stokunun izlenmesi	RF
D'Amico ve diğ. (2021)	Sentinel-2 Uydu görüntüsü kullanarak kavak plantasyonlarının derin öğrenme ile haritalanması	MLP, LR
Dai ve diğ. (2020)	Orman toprak üstü biokütlesinin haritalandırılmasının geliştirilmesinde makine öğrenmesinin kullanılması	RBFN, SVM, RF
Dai ve diğ. (2021)	Orman biokütlesinin deneme alanı seviyesinde tahmin edilmesinde makine öğrenmesinin kullanılması	SVM, RBFN, RF
Dang ve diğ. (2019)	Makine öğrenmesi regresyon algoritması kullanılarak orman toprak üstü biokütlenin hesaplanması	RF
dos Reis ve diğ. (2018)	Okalıptüsün göğüs yüzeyi alanı ve hacminin uzaktan algılama ve makine öğrenmesi ile tahmin edilmesi	MLR, RF, SVM, ANN
Dou ve diğ. (2018)	Orman karbon değişiminin makine öğrenmesi ile tahmin edilmesi	ANN, SVM, ANFIS, GRNN, MLR
Doyle ve diğ. (2021)	Sulak alanlar ve tropikal ormanlarda ki kayıpların uzaktan algılama ve makine öğrenmesi ile belirlenmesi	RF
Dube ve diğ. (2014)	Plantasyon ormanlarında türler içinde ve arasında biokütlenin yüksek çözünürlüklü görüntü ve makine öğrenmesi algoritması ile tahmin edilmesi	SGB, RF
Eckhart ve diğ. (2019)	Yetiştirme ortamı koşullarına bağlı olarak meşcere verimliliğinin belirlenmesi	RF
Elmas (2021)	Ağaç türlerinin kabuklarının görüntülerinin CNN ile tanımlanması	CNN
Ercanlı (2020)	Göğüs yüzey çapı ve ağaç boyu arasındaki ilişkilerin tahmininde yenilikçi derin öğrenme yapay zeka uygulamaları	ANN
Ercanlı ve diğ. (2022)	Makine öğrenmesi algoritmalarının ormancılıkta biyolojik gerçekçilikte tahmine uyumluluğu konusunda ana zorluğu	ANN
Esmkhani ve diğ. (2022)	UAV görüntüleri kullanarak türlerin tanımlanması	CNN
Feraroda ve diğ. (2021)	Çoklu veri kaynakları kullanarak orman toprak üstü biokütlenin makine öğrenmesi algoritması ile tahmin edilmesi	RF

Ek Çizelge 3. devamı

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Firebanks-Quevedo ve diğ. (2022)	Ormancılık politikasındaki teşvikleri belirlemek için makine öğrenmesinin kullanılması	NLP
Furuya ve diğ. (2020)	Orman vejetasyonunun makine öğrenmesi metoduyla haritalanması	DT, RF, SVM, NB
Garcia-Gutiérrez ve diğ. (2015)	LiDAR verileri ve makine öğrenmesi kullanılarak meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi	MLR, SVR, KNN
Ge ve diğ. (2022)	Uzaktan algılama verileri ile derin öğrenme kullanılarak orman yüksekliğinin haritalandırılması	CNN
Ghosh ve Behera (2018)	Tropikal ormanlarda toprak üstü biokütlenin C-bant SAR entegre çoklu sensor verileri ve makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak tahmin edilmesi	RF, SGB
Gleason ve Im (2012)	Makine öğrenmesi yaklaşımları kullanılarak orman biokütlesinin hava LiDAR verilerinden tahmin edilmesi	LMER, RF, SVR, Cubist
Görgens ve diğ. (2015)	Hızlı gelişen orman plantasyonlarında lazer tarayıcı metriklerinden meşcere parametrelerinin farklı makine öğrenmesi metodlarıyla tahmini	NN, SVR, RF
Grabska ve diğ. (2020)	Uydu görüntülerinden yararlanarak meşcere haritası üretiminde makine öğrenmesi algoritmalarının değerlendirilmesi	RF, SVM, XGB
Gronin ve diğ. (2022)	Ağaçların belirlenmesi ve çaplarının derin öğrenme ile tahmin edilmesi	CNN
Günlü ve Ercanlı. (2020)	Toprak üstü meşcere karbonunun tahmini	MLR, SVM, ANN
Hamidi ve diğ. (2021)	Örnek alan hacim artımının makine öğrenmesi yöntemi ile geliştirilmesi ve değişik yaşlı karışık ormanlara uygulanması	ANN, SVM, RF, NN
Hand ve diğ. (2019)	UAV verileri ve makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak mısırın toprak üstü biokütlesinin modellenmesi	MLR, SVM, ANN, RF
Hand ve diğ. (2021)	Torman toprak üstü biokütlenin uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi algoritmaları ile tahmin edilmesi	SVM, RF, BPN
Haq ve diğ. (2021)	Ormanlık alanların sınıflandırılması için uzaktan algılama görüntülerinde derin öğrenmesi tabanlı kontrollü sınıflandırma	DL
Hartley ve diğ. (2022)	Makine öğrenmesi ile orman tipi sınıflandırılması	RF
He ve diğ. (2022)	Farklı ölçeklerde Orman biokütlesinin makine öğrenmesi ile değerlendirilmesi	RF
Hirigoyen ve diğ. (2021)	Okaliptüs plantasyonlarında yaprak yüzey alanının yüksek çözünürlüklü görüntü ve LiDAR verileri ile makine öğrenmesi yöntemleri kullanarak modellenmesi	ANN, RF, SVR
Hossain ve Halder (2022)	İklim değişikliğine bağlı olarak Orman alanlarının değişiminin makine öğrenmesi ile belirlenmesi	RF
Hu ve diğ. (2020)	Ormandaki servetin yersel veriler ve uzaktan algılama verilerinin birlikte makine öğrenmesiyle tahmin edilmesi	RF, SVR, MLR
Hu ve diğ. (2021)	Meşcere hacminin çoklu veri kaynakları kullanılarak tahmin edilmesi	RF, SVM, ANN
Huang ve diğ. (2022)	Çoklu makine öğrenmesi modellerinin uzaktan algılama verileri kullanılarak ormanlardaki servetin tahmin edilmesi	GBT, XGBoost, CatBoost
Huang ve diğ. (2023)	Orman yönetiminin yüzey sıcaklığına etkisinin çoklu istatistiksel yöntemler ile tahmin edilmesi	Bagging, RF, Boosting, SVR
Isuhuaylas ve diğ. (2018)	Doğal ormanların haritalanmasında makine öğrenmesi algoritmalarının performans karşılaştırması	RF, SVM, KNN
Iverson ve diğ. (2004)	Vejetasyon haritalanmada makine öğrenmesi araçlarının kullanımı	RTA, RF, Bagging
İlkuçar ve diğ. (2018)	Mekanik özelliklere göre ağaç türlerinin yapay sinir ağları ile tahmini	ANN
Johnson ve Abdelfattah (2018)	Orman örtüsünün tanımlanmasında makine öğrenmesi modellerinin uygulanması	RF, LR, SGD, SVM
Júnior ve diğ. (2020)	Çap artımın makine öğrenmesi ile modellenmesi	ANN, SVR, RF
Júnior ve diğ. (2021)	Ağaç hacminin makine öğrenmesi ve regresyon modeli ile tahmin edilmesi	ANN, SVR
Kauffman ve diğ. (2016)	Meşcere yaşının bitki örtüsü değişiminin izlenmesi ve makine öğrenmesinin kullanılmasıyla otomatik olarak tahmin edilmesi	SVM, KNN
Kaya ve diğ. (2019)	Meşe yaprağının sınıflandırılması	EVM, ELM
Keleş ve diğ. (2021)	Sentinel-1 ve Sentinel-2 görüntülerinden toprak üstü karbonun belirlenmesi	MLR, SVM, ANN
Kim ve diğ. (2020)	Derin öğrenme tabanlı orman bitkilerinin otomatik sınıflandırma performansının değerlendirilmesi	CNN
Lapini ve diğ. (2020)	Orman sınıflandırmada makine öğrenmesi metodlarının karşılaştırılması	RF, ABC, KNN, SVM, QDA, FFNN
Lee ve diğ. (2018)	Deneme alanı ve LiDAR verileri ve makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak meşcere boyunun tahmin edilmesi	SVR, RT, RF
Li ve diğ. (2013)	Orman sınıflandırma ve değişim analizinde makine öğrenmesi yaklaşımlarının kullanımı	RF, SVM, DT
Li ve diğ. (2018)	Bambo ormanında toprak üstü biokütlenin MODIS yaprak alan indeksi (LAI) verileri ve makine öğrenmesi algoritması kullanılarak tahmin edilmesi	RF
Li ve diğ. (2019)	Makine öğrenmesi algoritmaları kullanarak orman toprak üstü biokütlenin tahmine edilmesi	RF, XGBoost
Li ve diğ. (2020)	Orman yüksekliğinin makine öğrenmesi ve farklı uzaktan algılama verileri kullanılarak yüksek çözünürlüklü haritalandırılması	RF, DL
Li ve diğ. (2020)	Uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi kullanarak orman toprak üstü biokütlesinin tahmin edilmesi	LR, RF, XGBoost
Lidberg vd diğ. (2019)	Makine öğrenmesi kullanarak orman yönetiminin planlanması için yüksek çözünürlüklü sulak alan haritalandırılması	RF, SVM, ANN, NB
Liu ve diğ. (2020)	Orman örtüsü haritalamada non-parametrik makine öğrenmesi kullanımı	SVR, ANN, RF, GBT

Ek Çizelge 3. devamı

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Liu ve diğ. (2021)	Orman örtüsünün makine öğrenmesi metotlarıyla haritalanması	Bagging, RF, ABR, GBR, LightGBM, XGBoost, SG, LiR, RR, ELN, LSSR, MLP, DT, KNN
Lou ve diğ. (2022)	Orman ağaç tepe boyunun UAVSAR ve Makine öğrenmesi kullanılarak incelenmesi	PLSR, RF
Madhab ve diğ. (2020)	Vejetasyon yüksekliğinin Sentinel veri serisi ve makine öğrenmesi modelleri kullanılarak tahmin edilmesi	RF, SR
Mahdavi ve Aziz (2020)	Yarı kurak alanlarda orman tepe çatısının kapladığı alanların yersel ölçümler ve uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi kullanarak tahmin edilmesi	RF
Miranda ve diğ. (2022)	Tek ağaçta ağaç boyunun genetik algoritma ve RF ile tahmin edilmesi	GA, RF
Moradi ve diğ. (2022)	Uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi kullanarak baltalık Meşe ormanlarında toprak üstü biokütlenin tahmin edilmesi	ANN, KNN, RF, SVR
Mosin ve diğ. (2020)	Uzaktan algılama ve makine öğrenmesi kullanılarak ormancılık uygulamalarında ağaçların tanımlanması ve sınıflandırılması	RF, KNN, SVM
Naik ve Dalponte (2022)	Otomatik makine öğrenmesi ile uzaktan algılama verisi kullanarak orman toprak üstü biokütlenin tahmin edilmesi	XGBoost, GLM, DRF, GBM, DNN
Narine ve diğ. (2019)	ICESat-2 ve LandSat ile entegre bir şekilde derin öğrenme ile birlikte kullanılarak orman toprak üstü biokütlenin haritalandırılması	DNN, RF
Nasiri ve diğ. (2022)	Orman tepe çatısının kapladığı alanların farklı uzaktan algılama verilerinin entegre edilerek makine öğrenmesi ile modellenmesi	RF, SVM, ENET, XGBoost
Neuville ve diğ. (2021)	UAV-LiDAR verisi ve makine öğrenmesi kullanılarak meşcere özelliklerinin tahmin edilmesi	HDBSCAN
Opelele ve diğ. (2020)	Uzaktan algılama kullanarak makine öğrenmesi algoritması ile orman toprak üstü biokütlenin tahmin edilmesi	RF, SVR, MLR, KNN
Özçelik ve diğ. (2010)	Ağaç gövde hacminin ANN ile hesaplanması	ANN
Park ve diğ. (2021)	Orman kaybını etkileyen faktörlerin istatistiksel modeller ve makine öğrenmesi analizi	RF, OLS ve GWR Model???
Perera ve Jayakody (2015)	Makine öğrenmesi ile (R ve Weka) orman örtüsü tipi tahmini	DT, KNN, NN, RF
Petrusevich (2020)	Baskın orman örtü tipi tahmininde makine öğrenmesi modellerinin kullanımı	RF, ETC, XGBoost
Pilaš ve diğ. (2020)	Uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi yöntemleri ile kapalılığın haritalandırılması	OLS, PLS, RR, ENET, NNET, SVM, RF, GBM, XGBoost, Catboost
Pourshamsi ve diğ. (2018)	Makine öğrenmesi yöntemini kullanarak farklı uzaktan algılama veri türlerini kullanarak tropikal ormanlarda ormanın boyunun tahmin edilmesi	SVM
Pourshamsi ve diğ. (2021)	Tropikal ormanların ağaç yüksekliğinin SAR ve LiDAR entegre edilerek makine öğrenmesi kullanılarak tahmin edilmesi	RF, RoF, SVM
Prakash ve diğ. (2022)	Çoklu SAR verileri ile Mangrove ormanlarında toprak üstü biokütlenin makine öğrenmesi ile tahmin edilmesi	GAM, RF, GBM, SVR
Rajbhandari ve diğ. (2019)	Orman tipi haritalanmasında makine öğrenmesi algoritmalarının kullanımı	RF, Boruta
Rana ve Miller (2019)	Doğal kaynak politikalarının sosyal-ekolojik etkilerini analiz etmek için makine öğrenmesi	CsT, CsF
Reddy ve diğ. (2020)	Ormanlık alan değişiminin makine öğrenmesi kullanılarak belirlenmesi	SVM, NN
Sabancı ve diğ. (2016)	Farklı orman tiplerinin makine öğrenmesi algoritmalarıyla sınıflandırılması	MLP, KNN, J48, NB, BN, KStar
Sahin ve diğ. (2023)	Makine öğrenmesi teknikleriyle sapsız meşe meşcerelerinde ağaç boyu tahmini	ANN, DT, SVM, RF
Sakici ve Ozdemir (2018)	Yapay sinir ağları ile Karabük bölgesindeki karışık doğu kayını ve Kazdağı göknarı meşcerelerinde gövde profilinin belirlenmesi	ANN
Sanderman ve diğ. (2018)	Mangrove ormanlarında orman toprağı karbonunun haritalandırılması	RF
Saralioğlu ve Vatandaşlar (2022)	Farklı makine öğrenmesi metotları kullanılarak tarım ve orman baskın alanlarda arazi kullanımı/arazi örtüsü sınıflandırma	KNN, CNN
Serrano ve diğ. (2019)	Makine öğrenmesi ile toprak üstü biokütlenin yersel veriler kullanılarak haritalandırılması ve tahmin edilmesi	RF, SVM
Shang ve Chisholm (2013)	Makine öğrenmesi sınıflandırma algoritmaları ve hiperspektral uzaktan algılama görüntüsü kullanılarak Avusturalya doğal orman türlerinin sınıflandırılması	SVM, ABC, RF
Shataee ve diğ. (2012)	Meşcere özelliklerinin makine öğrenmesi ve ASTER verileri kullanarak tahmin edilmesi	KNN, SVR, RF
Shen ve diğ. (2022)	Orman alan kayıp ve kazanımlarının makine öğrenmesi yöntemleri ile belirlenmesi	RF
Shen ve diğ. (2022)	Ağaç parametrelerinin LiDAR veri ve makine öğrenmesi teknikleri ile haritalandırılması ve karşılaştırılması	CNN
Silva ve diğ. (2017)	Tek ağaç hacminin ve seksiyonlarının hacminin LiDAR veri ve RF kullanarak tahmin edilmesi	RF
Singh ve diğ. (2022)	Kurumuş yapraklı ormanlarda biokütlenin uzaktan algılama tabanlı makine öğrenmesi kullanılarak tahmin edilmesi	GAMM, KNN, SVM, ANN, RF
Stojanove ve diğ. (2010)	LiDAR ve uydu görüntülerinin entegre bir şekilde makine öğrenmesi ile kullanılarak bitki örtüsünün boy ve kapladığı alanın tahmin edilmesi	Bagging, RF
Su ve diğ. (2020)	Uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi kullanarak orman toprak üstü biokütlesinin tahmin edilmesi	RF
Sun ve diğ. (2022)	Uzaktan algılama ve makine öğrenmesi kullanılarak orman biokütlesinin hesaplanması ve iklim faktörlerinin etkisi	RF, SVM, ANN

Ek Çizelge 3. Devamı

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Tang ve diğ. (2022)	Orman toprak üstü biokütlenin çoklu uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak tahmin edilmesi	RF, GB, XGB, LightGBM, CatBoost, LR, KNN, MLP, RR, SVR
Tappayuthpijarn ve Vindevogel (2021)	Uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi kullanarak orman toprak üstü biokütlenin tahmin edilmesi	LR, XGBoost, CatBoost, FCN, CNN
Tavasoli ve Arefi (2021)	SAR ve optik verilerin toprak üstü biokütlenin haritalandırılmasında Makine öğrenmesi ile karşılaştırılması	RF
Tiwari ve Narine (2022)	Ağaç tepe boyunun makine öğrenmesi yöntemleri ve uzaktan algılama verileri kullanılarak haritalandırılması	RF
Torre-Tojal ve diğ. (2018)	Orman biokütlenin LiDAR ve makine öğrenmesi kullanılarak tahmin edilmesi	MLR, RF, SVR
Uniyal ve diğ. (2022)	Uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi yöntemleri şehir ormanlarında tutulan karbonun miktarının belirlenmesi	KNN, RF, SVM, XGBoost
Vafaei ve diğ. (2018)	Makine öğrenmesi ile birlikte uzaktan algılama veri kullanarak orman toprak üstü biokütlenin tahmin edilmesi	RF, SVR, MLP NN, GPR
Varol ve diğ. (2018)	Makine öğrenmesi algoritmalarıyla karbon stokunun tahmin edilmesi	KNN, RF, RTA
Varvia ve diğ. (2019)	Meşçere parametrelerinin LiDAR veri ve makine öğrenmesi ile tahmin edilmesi	GPR, KNN
Vatandaşlar ve Zeybek (2021)	El tipi lazer tarayıcı verisinden orman envanteri parametrelerinin çıkarılması	RF
Wai ve diğ. (2022)	Toprak üstü biokütlenin iki farklı orman tipinde uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi ile tahmin edilmesi	RF, SGB
Wang ve diğ. (2022)	Çoklu uzaktan algılama verilerinin entegre bir şekilde makine öğrenmesi algoritmasıyla orman toprak üstü biokütlenin belirlenmesi	SLR, QRN, SVM, RF
Wu ve diğ. (2020)	İklim değişkenlerini kullanarak toprak üstü biokütlenin (AGB) makine öğrenmesi modellemesiyle tahmin edilmesi	ANN, SVM, GRNN, ANFIS, GMDH
Xi ve diğ. (2022)	Orman boyunun farklı uzaktan algılama verileri ve makine öğrenmesi metodları ile haritalandırılması	RF, GBT
Yazdani ve diğ. (2020)	Meşçere parametrelerinin uzaktan algılama verileri ve farklı makine öğrenmesi yöntemleri ile haritalandırılması ve karşılaştırılması	KNN, SVM, ANN, MLR
Yoshii ve diğ. (2022)	Ağaç türlerinin makine öğrenmesi ile haritalandırılması	CNN
Yu ve diğ. (2023)	Karbon stokunun makine öğrenmesi ile tahmin edilmesi	MLPFFN
Zeybek ve Vatandaşlar (2021)	El tipi lazer tarayıcı kullanarak bireysel ağaçtan orman envanter verisinin çıkarılması	RF
Zhang ve diğ. (2020)	Uzaktan algılama verilerinde elde edilen veriler ile orman toprak üstü biokütlenin 8 farklı makine öğrenmesi yöntemi kullanılarak tahmin edilmesi	MARS, SVR, RF, ERT, GBT, SGB, CatBoost, MLP
Zhang ve diğ. (2022)	Meşçere yüksekliğinin makine öğrenmesi ve entegre farklı uzaktan algılama verileri kullanılarak haritalandırılması	KNN, SVR, RF, GBT, XGBoost, CatBoost
Zhang ve Liu (2023)	Optik verilerden elde edilen zamansal verilerin makine öğrenmesi kullanılarak orman toprak üstü biokütlenin tahmin edilmesi	XGBoost
Zhao ve diğ. (2011)	Orman tepe yapısının LiDAR veri ve makine öğrenmesi kullanılarak karakterize edilmesi	SVM, GPR
Zhao ve diğ. (2019)	Meşçere parametrelerinin tahmin edilmesi için makine öğrenmesi algoritmalarının karşılaştırılması	CART, SVM, ANN, RF
Nguyen ve diğ. (2022)	Her dem yeşil geniş yapraklı ormanlarda makine öğrenmesi algoritmaları ile toprak üstü karbon stokunun belirlenmesi	RF, ANN, SVM, LiR

Ek Çizelge 4. Orman operasyonları ve mühendisliği

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Almeida ve diğ. (2022)	Otomatik makine öğrenmesi ile odun malzeme transportunun tahmini	CBR, DTR, KNN-R
Balasso ve diğ. (2022)	Yüksek kaliteli yapısal levhalar elde etmek için E. nitens ağaçları ve kütükler için bir ayırma metodolojisi geliştirme	DT
Becker ve Keefe (2022)	Ormanlık operasyonlarında akıllı telefon tabanlı etkinlik tanıma modelleme	RF
Bhatnagar ve diğ. (2022)	İHA görüntülerinden orman üretim işleri kaynaklı tekerlek izlerinin makine öğrenmesi ile haritalanması	CNN
Borz ve diğ. (2022)	GNSS data ve makine öğrenmesinin havai hat ile bölmeden çıkarmada operasyonel işlemlerin sınıflandırılması	MLPNNB
Buğday (2018)	Orman yol ağı uygunluk haritalama	ANFIS
Buğday (2022)	CBS tabanlı heyelan duyarlılık haritalama ve alternatif orman yol güzergahlarının değerlendirilmesi	LR, RF
Çalışkan ve Sevim (2022)	Ortofoto görüntülerden orman yollarının çıkarılması	CNN
Dalir ve diğ. (2022)	Orman yollarında yüzeysel akış oluşturma riskinin değerlendirilmesi	MLP
Eker ve Aydın (2014)	CBS tabanlı heyelan duyarlılık haritası üretme ve orman yolları ile etkileşimini belirleme	LR
Gonçalves ve diğ. (2021)	Mekanize odun üretiminin verimliliğinin makine öğrenmesi teknikleri ile tahmini	ANN, ANFIS
Heidari ve diğ. (2022)	Orman yollarındaki hasarların derin öğrenme ile tespiti	YOLO (CNN)
Holmström ve diğ. (2023)	Ağaç tomrukların bireysel olarak tanımlanması	CNN
Huang ve diğ. (2023)	Makine öğrenmesi algoritmaları ile dağlık yol ağının jeolojik tehlikelerden zarar görebilirliğinin konumsal olarak tahmini	SVM, RF, BPN
Jaafari ve diğ. (2021)	Orman yolu inşaat maliyetlerinin makine öğrenmesi ile modellenmesi	LR, MLP, SVM, IBL
Kamarulzaman ve diğ. (2022)	Orman üretim işlerinin etkilerinin İHA görüntülerinden makine öğrenmesi ile tespiti ve haritalanması	SVM, ANN

Ek Çizelge 4. Devamı

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Kuck ve diğ. (2021)	Orman üretim işlerinin orman bozunumu açısından makine öğrenmesi teknikleriyle değerlendirilmesi	RF, ABR, MLP-ANN
Levers ve diğ. (2014)	Avrupa kıta ölçeğinde orman üretim yoğunluğuna etki eden yönlendiricilerin belirlenmesi	BRT
Li ve Lideskog (2021)	Üretim yapılan bir ormanlık alanda arazi üzerindeki objelerin gerçek zamanlı tespiti ve konumlandırılmasına yönelik sistem tasarımı	YOLO (CNN)
Lippitt ve diğ. (2008)	Karışık geniş yapraklı ormanda orman üretim işlerinin haritalanmasında makine öğrenmesi algoritmalarının karşılaştırılması	MLP, ART, SOM, CT
Melander ve diğ. (2020)	Orman hasat makinelerinin performans analizinde makine öğrenmesi kullanımı	KMC,
Munis ve diğ. (2022)	Okaliptüs ve çam plantasyonu ormanlık alanlarda hasat makinelerinin veriminin makine öğrenmesi algoritmaları ile belirlenmesi	ETR, RFR, DTR, CBR, GBR, ABR, ARD, KR, LİR, HR, RR, BR, TSR, LAR, LSSR, ELN, LLAR, OMP
Nguyen ve diğ. (2021)	LIDAR verilerinden makine öğrenmesi ile gövde yüzeylerindeki ahşap kusurlarını otomatik olarak karakterize etme	RF
Oyarzo ve diğ. (2022)	Orman üretim işlerinde verimliliğin tahmin edilmesi	LDA
Piragnolo ve diğ. (2021)	Makine öğrenmesi kullanılarak iki farklı strateji açısından orman üretimine uygun alanların belirlenmesi	RF, KNN
Polowy ve Molinska-Glura (2022)	Orman hasat makinasının performans analizinde veri madenciliği	PCA, KMC, LiR, LR
Salmivaara ve diğ. (2020)	Açık konumsal veriler, hidrolojik modelleme ve sensör teknolojisi kullanılarak orman trafik kabiliyetinin modellenmesi	KNN
Shabani ve diğ. (2020)	Meşcerelerin üretim işlemleri kaynaklı zarar görme duyarlılıklarının haritalanması	LR, BRT
Udali ve diğ. (2022)	İHA ve makine öğrenmesinin tıraşlama yapılan alanlarda orman kesim artıklarının sınıflandırma ve dağılımının belirlenmesinde kullanım potansiyelinin belirlenmesi	RF
Zhang ve Hu (2021)	Ortofoto görüntülerden orman yollarının çıkarılması	CNN
Zhao ve diğ. (2022)	Sentinel-1 SAR görüntüleri zaman serilerinden üretim yapılan alanların aylık olarak haritalanması	CNN (U-Net)

Ek Çizelge 5. Orman sağlığı ve koruma

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Achu ve diğ. (2021)	Orman tarım mozaik alanlarında yangın duyarlılığının makine öğrenmesi ile modellenmesi	ANN, GLM, MARS, NBC, KNN, SVM, RF, GBM, ABR, MaxEnt
Akıncı ve Akıncı (2023)	Manavgat orman işletme şefliği yangın duyarlılığının makine öğrenmesi tabanlı değerlendirilmesi	XGBoost, RF, GBM, ANN
Akyüz (2019)	Bursa Orman Bölge Müdürlüğünde yangın tehlikesinin modellenmesi ve haritalanması	MaxEnt
Atkins ve diğ. (2020)	İlman orman bozunumlarının tespiti ve çok boyutlu yapısal karakterizasyonu GEE platformunda makine öğrenmesi kullanılarak Landsat-8 ve Sentinel-2 tabanlı orman yangını yanan alanların haritalanması	RF
Bar ve diğ. (2023)	Makine öğrenmesi modelleri kullanılarak orman yangını duyarlılığının tahmini	CART, RF, SVM
Bera ve diğ. (2022)	Yeni hibrit makine öğrenmesi metodu kullanarak CBS tabanlı tropikal orman yangın tehlikesinin tahmini	SVM, RF, MARS
Bui ve diğ. (2018)	Yeni makine öğrenmesi algoritması ile orman yangını tahmini	ANN-MBBP
Bui ve diğ. (2019)	İHA verisinden tropikal kurak ormanda ölü ağaç bileşenlerinin makine öğrenmesi ile tespiti	MARS
Campos-Vargas ve diğ. (2020)	Makine öğrenmesi kullanılarak orman yangını tahmini	SVML, SVM, SVMR, CIT, C45, GBM, AvNN, DNN, NNet
Chaubey ve diğ. (2020)	Makine öğrenmesi kullanılarak orman yangını tahmini	LiR, GBR, Bagging, RF, SVR, LR
Dampage ve diğ. (2022)	Kablosuz sensor ağları ve makine öğrenmesi kullanan orman yangın tespit sistemi	SVM, LR
Dimou ve diğ. (2023)	Makine öğrenmesi modeli ile karışık geniş yapraklı meşcerelerde rüzgâr devriği zararının tahmini	RF, LightGBM, GBC, ABC, RC, LDA, LR, NB, SVM, QDA
Dwiansnati ve Devianto (2021)	Orman yangın alanlarının makine öğrenmesi algoritması ile sınıflandırılması	NB, SVM, KNN
Elshevey ve Elsonbaty (2020)	Makine öğrenmesi teknikleriyle orman yangınlarının tespiti	LiR, RR, LSSR
Eslami ve diğ. (2021)	CBS tabanlı orman yangını duyarlılık değerlendirme	RF, LR, ANN
Fajardo ve diğ. (2022)	Patagonya ılıman yağmur ormanında orman bozunumunun makine öğrenmesi ile değerlendirilmesi	BRT
Fidanboy ve diğ. (2022)	Türkiye orman yangını risk haritasının derin öğrenmeye dayalı oluşturulması	CNN
Hamdi ve diğ. (2019)	Rüzgâr kaynaklı orman zararının yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama verisinden derin öğrenme ile değerlendirilmesi	CNN
Hamilton ve diğ. (2021)	Hiperspektral görüntüden makine öğrenmesi ile orman yangını alan boyutunun haritalanması	SVM, CNN
Hart ve diğ. (2019)	Ormanlık alanlardaki rüzgâr hasarının makine öğrenmesi ile modellenmesi	ANN, RF, LR
Iban ve Şekertekin (2022)	Makine öğrenmesi tabanlı yangın duyarlılık haritalama	RF, GB, XGB, LR, SVM, ABC, LDA

Ek Çizelge 5. Devamı

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Jahani ve Saffariha (2021)	Üretim yapılan Hyrcanian ormanlarında rüzgâr kaynaklı ağaç devriklerinin makine öğrenmesi ile modellenmesi	MLP, SVM, RBFN
Janiec ve Gadal (2020)	Orman yangını modellemede iki makine öğrenmesi sınıflayıcısının karşılaştırılması	RF, MaxEnt
Kalantar ve diğ. (2020)	Orman yangını duyarlılık tahmininde uzaktan algılama verisi ve makine öğrenmesi kullanımı	MARS, SVM, BRT
Kansal ve diğ. (2015)	Makine öğrenmesi tekniği kullanarak orman yangının algılanması	DT, LiR, GRNN, SVM
Kantarcioğlu ve diğ. (2023)	Türkiye’de orman yangın duyarlılığının değerlendirilmesinde ANN kullanımı	ANN
Kantarcioğlu ve diğ. (2023)	Türkiye’de orman yangın duyarlılığının yapay sinir ağlarıyla değerlendirilmesi	ANN
Kim ve diğ. (2018)	Sosyo-ekonomik ve çevresel faktörleri kullanarak orman yangını olasılığının çok zamanlı analizi	RF, MaxEnt
Kislov ve Korznikv (2020)	Yüksek çözünürlüklü uydu görüntü ve derin öğrenme kullanarak rüzgâr devriklerinin otomatik tespiti	CNN
Knopp ve diğ. (2020)	Sentinel-2 verisi ile yanan alanın segmentasyonunda derin öğrenme yaklaşımı	CNN
Kriese ve diğ. (2022)	Derin öğrenme ile ormanlık alandaki rüzgâr kırıklarının otomatik tespiti	RF, CNN
Kukuk ve Kilimci (2021)	Orman yangını tespitinin kapsamlı analizi	SVM, RF, CNN
Kuruca ve diğ. (2018)	Yanmış orman alanlarının sınıflandırılması	SVM, RoF
Kuruca ve diğ. (2021)	Göktürk-2 verisinden yanan orman alanların haritalanması	RoF, SVM,
Lim ve diğ. (2018)	Orman böceklerinin sınıflandırılması için uygulama geliştirme	CNN
Lim ve diğ. (2022)	Nematod kaynaklı zarar görmüş ormada ölü ağaçların İHA verilerinden derin öğrenme ile tespiti	CNN
Liu ve diğ. (2023)	1980’den 2020 yılına Çin’de bölgesel farklılıklara rağmen orman zararlıları azaldığının incelenmesi	RF
Maniatis ve diğ. (2022)	Makine öğrenmesi ve çok kriterli karar analizleri ile yangın risk olasılık haritalama	SVM
Mashadi ve Alganci (2021)	Orman yangın izi ve yanma derinliğinin uydu görüntülerinden makine öğrenmesi ile belirlenmesi	SVM, RF
Mittal ve diğ. (2016)	Orman yangını tespitinde farklı makine öğrenmesi tekniklerinin kullanımı	SVM, ANN, DT, FFNN
Mohajene ve diğ. (2021)	Akdeniz’deki bir alanda orman yangınlarının haritalanmasında makine öğrenmesi ve uzaktan algılama kullanımı	RF, SVM, MLP, CART
Moore ve Lin (2019)	Uzun dönemli verilerden makine öğrenmesi ile rüzgâr kaynaklı hasarın analizi	RF, GBT
Munro ve diğ. (2022)	Kabuk böceği salgın riskinin değerlendirilmesinde yeni bir yaklaşım olarak makine öğrenmesi metodlarının kullanımı	XGBoost
Negara ve diğ. (2019)	Denetimli makine öğrenmesi ile orman yangını tahmini	DT, BN
Nguyen ve diğ. (2023)	Orman yangın duyarlılık haritalamada hibrit makine öğrenmesi kullanımı	RF, ABR, Bagging, RS, LightGBM
Ostovar ve diğ. (2019)	Norveç ladini gövdelerindeki kök ve gövde çürüklüklerinin tespiti ve sınıflandırılması	CNN, SVM
Özkan ve diğ. (2008)	Orman yangını sınıflandırmada boosting algoritmalarının etkinliğinin değerlendirilmesi	ABC, LogitBoost, MLP, RTA
Pang ve diğ. (2022)	Makine öğrenmesi metodları ile orman yangını oluşumunun tahmini	ANN, RBFN, SVM, RF
Peng ve Wang (2022)	Derin öğrenme tabanlı otomatik yangın izleme sistemi	CNN
Pham ve diğ. (2020)	Orman yangını modelleme ve tahminde makine öğrenmesi metodlarının performans değerlendirilmesi	BN, MLR, NB, DT,
Piragnolo ve diğ. (2021)	Alpin çevresinde büyük ölçekli orman zararının uzaktan algılama, makine öğrenmesi ve Web-GIS ile değerlendirilmesi	SVM, RF, KNN
Pourghasemi ve diğ. (2020)	Orman yangın duyarlılık değerlendirmede farklı makine öğrenmesi tekniklerinin uygulanması	BRT, GLM, MDA
Qu ve Cui (2020)	Orman yangını tahmininde otomatik makine öğrenmesi çerçevesi	SVM, RF
Qui ve diğ. (2021)	Landsat zaman serileri ve makine öğrenmesi kullanarak orman yangını ve yangın sonrası vejetasyon gelişiminin incelenmesi	SVM, RF, SMLR
Ren ve diğ. (2022)	Otomatik makine öğrenmesi kullanılarak orman yangını zarar görürlüğünün konumsal ve zamansal değerlendirilmesi	AutoML
Sani-Mohammad ve diğ. (2022)	Hava fotoğrafından derin öğrenme ile dikili ölü ağaçların tespiti	CNN
Sari (2022)	MaxEnt ile yangınların insan kaynaklı ve doğal nedenlerinin belirlenmesi	MaxEnt
Seddouki ve diğ. (2022)	Makine öğrenmesi kullanarak orman yangını duyarlılık haritalama	SVM, RF, XGB
Sevinç (2023)	Orman yangını risk zonlarının risk faktörleri verisi ile yapay zekâ kullanılarak haritalanması	KMC
Shabani ve diğ. (2023)	Kar fırtınası zararının aynı yaşlı olmayan geniş yapraklı ormanlarda makine öğrenmesi ile modellenmesi	RF, LR
Shao ve diğ. (2022)	Çin’de orman yangını riskinin makine öğrenmesi ile haritalanması	RF, SVM, MLP, GBR
Singh ve diğ. (2022)	Makine öğrenmesi kullanılarak NASA uydu veri setinden orman yangını tahmini	DTR, RFR, LR, GBC
Solórzano ve Kao (2022)	Makine öğrenmesi algoritmaları ve mevsimsel ve trend model bileşenlerini kullanarak orman zararlılarının tespiti	RF, SVM
Tariq ve diğ. (2022)	Orman yangını olaylarının makine öğrenmesi ile konumsal ve zamansal analizi	MaxEnt, RF
Tehrany ve diğ. (2019)	Tropikal orman yangını duyarlılık konumsal tahmin yaklaşımı	LogitBoost, RF, SVM, KLR
Tonbul ve diğ. (2022)	Orman yangını yanma derinliğinin modellenmesi	RF, RoF

Ek Çizelge 5. Devamı

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Torun ve Altunel (2020)	Rüzgâr devriği zararı üzerine çevresel faktörlerin ve orman yönetiminin etkilerinin değerlendirilmesi	MaxEnt
Tutmez ve diğ. (2018)	Orman yangınlarının parametrik olmayan kümeleme ile haritalanması	KMC
Wang ve diğ. (2022)	Makine öğrenmesi tabanlı orman yangını dumanının uzaktan algılama ile tespiti	DT, SVM, NNet
Yao ve diğ. (2018)	CALIPSO uydu verisi ve makine öğrenmesi ile orman yangını dumanının minimum yüksekliğinin tahmin edilmesi	RF
Yu ve diğ. (2020)	Tropikal orman bozulmasının konumsal ve zamansal değerlendirilmesi	SVM
Zhang ve diğ. (2021)	Lekima tayfununun orman zararının makine öğrenmesi ile etki değerlendirmesi	RF
Zhang ve diğ. (2022)	Rammasun süper tayfunu kaynaklı orman hasarının giderilmesinde makine öğrenmesinin kullanımı	RF
Zheng ve diğ. (2022)	İHA tabanlı görüntüleri makine öğrenmesi ile işleyerek orman yangınlarının izlenmesi	BPN, SVC

Ek Çizelge 6. Orman toprağı ve hidrolojisi

Kaynakça	Kapsam	Makine öğrenmesi algoritmaları
Ågren ve diğ. (2021)	LIDAR tabanlı indisler ve makine öğrenmesi entegre ulusal ölçekte toprak nemi haritalama	ANN, NB, RF, SVM, XGBoost
De Oliveira ve diğ. (2021)	Makine öğrenmesi algoritmaları ile Atlantik ormanlarında toprak neminin modelleme	RF, SVM, avNN, WKNN
Joshi ve diğ. (2023)	Makine öğrenmesi yaklaşımı ile Akdeniz iklimi orman havzalarında toprak neminin mevsimsel tahmini	LightGBM
Pohjankukka ve diğ. (2016)	LIDAR tabanlı indisler ve makine öğrenmesi entegre ulusal ölçekte toprak nemi haritalama	MLP, KNN, RR
Senanayake ve diğ. (2021)	Havza ölçeğinde yüksek konumsal çözünürlüklü uzaktan algılama ve makine öğrenmesi entegre toprak nemi haritalama	RT, ANN, GPR
Vicentini (2021)	Plantasyon orman alanlarında toprak solunumunun zamansal değişkenliğini makine öğrenmesi ile modelleme	ANN, SVR, ANFIS, RF

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

Çizelgeler ve şekiller: Bütün çizelge ve şekiller (grafik, fotoğraf, harita vb.) metin içerisinde atıf sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalıdır. Çizelgelerin 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.

